

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ  
областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Курский государственный политехнический колледж»  
(ОБПОУ «КГПК»)

**Проектно-исследовательская работа**  
**«Автономная урбанистическая система**  
**«Мангровый лес»»**

**Выполнили:**

Григорьева Александра Сергеевна,  
Бурылёв Эльдар Эдуардович,  
обучающиеся  
объединения «Микробиология»  
ОБПОУ «Курский государственный  
политехнический колледж» г. Курска

**Руководитель:**

Будченко Михаил Андреевич,  
педагог дополнительного образования

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ.....	4
1.1. Понятие бионика.....	4
1.2. История становления бионики.....	4
1.3. Архитектурно-строительная бионика и ее направления.....	5
ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА АВТОНОМНОЙ УРБАНИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАНГРОВЫЙ ЛЕС».....	9
2.1. Формы конструкций бионической архитектуры.....	9
2.2. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес».....	10
Заключение.....	13
Список используемых источников.....	14
Приложения .....	15

## ВВЕДЕНИЕ

Знали ли вы, что не так давно инженеры возвели опору крупного экрана для Берлинского зеленого театра, используя схему строения скорлупы диатомовой водоросли. Архитектор П. Солери спроектировал мост через реку протяженностью более километра по аналогии с полусвернутым живым листом. Эти примеры можно еще и еще продолжать не менее поразительными примерами.

Нам стало очень интересно узнать об этом подробнее. В результате поисков мы познакомились с довольно современной наукой - бионика. Но больше всего нас заинтересовал один из ее видов - архитектурная бионика.

**Предметная область исследования:** бионика, биология, архитектура, урбанистика.

**Объект исследования:** архитектурные сооружения бионического стиля.

**Проблемный вопрос проекта.** Все больше и больше биоформы оказывают влияние на все, что создается человеком, в частности, на архитектуру. С развитием технологий и появлением все новых материалов возможности использования бионических форм в архитектуре становятся практически безграничными. Важность изучения дисциплины бионика неоспорима, как неотъемлемая часть архитектуры.

**Предмет исследования:** использование природных форм в архитектуре.

**Цель исследования:** определить достоинства и недостатки использования принципа строения механических тканей живых организмов в архитектуре.

**Гипотеза:** использование принципа строения механических тканей живых организмов при сооружении объектов архитектуры позволит повысить качество сооружений при меньших финансовых затратах.

### **Задачи:**

1. проанализировать историю появления бионического стиля в архитектуре;
2. выявить взаимосвязь между принципом строения механических тканей и их использованием в инженерном сопровождении строительства;
3. разработать модель архитектурного сооружения с учетом использования принципа строения механических тканей живых организмов.

**Практическая значимость исследовательской работы:** подтверждение выдвинутой нами гипотезы позволит сооружать более долговечные, экологичные и одновременно менее затратные объекты.

**Результат работы (продукт):** модель здания в стиле бионики.

# ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

## 1.1 Понятие «бионика»

Бионика - наука, изучающая живую природу, с целью использования полученных знаний в практической деятельности человека.

Термин бионика впервые появился в 1960 г., когда специалисты различных профилей, собравшиеся на симпозиум в Дайтоне (США), выдвинули лозунг: «Живые прототипы - ключ к новой технике».

Бионика учит искусству рационального копирования живой природы, изысканию технических условий целесообразного использования биологических объектов, процессов и явлений.

Один из возможных путей здесь - функциональное моделирование, заключающееся в изучении структурной схемы процесса, функций объекта, числовых характеристик этих функций, их назначения и изменения во времени.

Такой подход дает возможность изучать интересующий процесс математическими средствами, а техническое воплощение модели осуществить тогда, когда в принципе установлена ее эффективность и осталось проверить экономические, энергетические и другие возможности конструирования такого рода модели имеющимися техническими средствами.

Другой подход, развиваемый бионикой - это непосредственное использование живых систем и биологических механизмов в технических системах. Такой подход принято называть методом обратного моделирования, так как в этом случае специалист-бионик изыскивает возможности и условия приспособления живых систем для решения чисто инженерных задач, иначе говоря, пытается моделировать на биологическом объекте техническое устройство или процесс.

## 1.2 История становления бионики

С давних времен человек думал и искал ответ на вопрос: можем ли мы достичь того же, чего достигла природа? Но сначала человек мог только мечтать об этом.

Изучая каждое живое существо, эволюцию, раскрывая секреты устройства живых организмов, можно получить новые возможности в строительстве сооружений.

Еще древнегреческий философ Демокрит писал «От животных, мы путем подражания научились важнейшим делам, а именно, мы - ученики

паука подражая ему в ткацком и портняжном ремеслах, мы ученики ласточек - в построении жилищ и певчих птиц, лебедя и соловья - в пении... Природа сама научает нас сельскому хозяйству...».

Ученые XIV - XVI веков надеялись добиться желаемого решения путем выполнения строгих математических расчетов и выкладок и создания определенных механических конструкций. Тогда казалось, что все загадки природы будут разгаданы именно с помощью механики и на ее основе. В соответствии с этим люди стремились к созданию механических моделей, которые могли бы имитировать интересовавшие его объекты и явления природы.

Когда прогресс науки привел к открытию основательных законов не только механики, но и других областей естествознания, оказалось следующее: опираясь на эти законы и кладя их в основу подходящих технических устройств, можно начать реализовывать одну за другой давние мечты человека.

Но конструкции, устройства, инструменты и приборы, созданные человеком, оказались различными от живых существ.

Достаточно сравнить орган зрения любого животного с некоторыми оптическими приборами и инструментами, созданными человеком, для того, чтобы удостовериться в том, насколько безупречнее естественный орган по сравнению с искусственным устройством.

В наши дни человек возвратился отчасти к своей первоначальной мысли – по возможности полнее и точнее воспроизводить в технике то, что достигнуто в живой природе, воссоздать это в форме технических решений. Так зародилась новая наука – бионика.

### **1.3 Архитектурно-строительная бионика и ее направления**

К настоящему времени в архитектуре сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны, стремительное развитие технологий строительства, теорий расчета конструкций, производства новых материалов, систем компьютерного проектирования, а с другой - все тот же человек (архитектор, заказчик, будущий потребитель), возможности которого формально ограничены лишь бюджетом и фантазией. В этой ситуации архитекторы поневоле обратили свои взоры к живой природе.

Рассматривая возможности воплощения сложнейших инженерных идей, человек не мог не обратить свое внимание на результат деятельности гениальнейшего архитектора Вселенной – природу. За миллионы лет она создала такие совершенные формы и структуры, которые идеально организованы, гармонично взаимодействуют между собой и находятся в равновесии с окружающей средой. Возможность использования опыта живой природы в строительстве современных архитектурных сооружений и стала предметом изучения этого архитектурного направления.

Архитектурно - строительная бионика – наука, которая изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности.

Каждое из направлений архитектурной бионики имеет относительно самостоятельное значение, однако все они нацелены на решение единой задачи совершенствования архитектурных форм, их гармонизацию.

Архитектурная бионика сегодня, в начале XXI века, приобретает особое значение, так как рассматривает в совокупности систему «живая природа (среда) - архитектура (техника) - человек», благодаря чему социальная и техническая сферы получают возможность развиваться в гармоническом единстве с окружающей природой.

Развитие архитектурной бионики во многом предопределено временем. Можно сказать, что это одно из самых актуальных на сегодняшний день направлений. А связано это с общей идеей возврата к природе, прослеживающейся сегодня во многих сферах человеческой деятельности.

Яркий пример архитектурно-строительной бионики - полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений. Стебли злаковых растений способны выдерживать большие нагрузки и при этом не ломаться под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение. В чем же секрет? Оказывается, их строение сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб - одним из последних достижений инженерной мысли (приложение 1.1). Изучая семейство злаков, надо обратить внимание особенно в строении вегетативных органов. Многие из них, например стебель, могут иметь практический интерес для биоников. Важной особенностью злаков является строение стебля, которое дает им возможность выжить при столь массовом росте на полях. При легком дуновении ветерка пшеница слегка покачивается. При сильном ветре стебель гнется, низко наклоняется колос. Стих ветер, и выпрямился стебель. Высота пшеницы в 200-300 раз больше диаметра ее стебля. Секрет сохранения растением гибкости и прочности в его строении. У стебля пшеницы междоузлие полое, а узлы заполнены тканями. Благодаря такому строению стебель гнется, но не ломается.

По такому принципу построена Останкинская телевизионная башня (приложение 1.2), сконструированная инженером Н. В. Никитиным. В ее форме и в натянутых по периферии стальных вантах, скрытых в толще бетона и стягивающих отдельные барабаны ствола башни, отразились конструктивные принципы строения стебля растений, ствола дерева. Основание ее утолщено, вершина - остроконечная. Ее общая высота 540 м 74 см. Масса 55 тыс. тонн. При сильном ветре башня может раскачиваться, как стебель пшеницы, до 10 м в сторону от своего нормального вертикального положения, сохраняя при этом прочность. Она выдерживает ветер в 15 баллов и землетрясения в 8 баллов. Надежность рассчитана на 300 лет.

Известные испанские архитекторы М.Р. Сервера и Х. Плез, активные приверженцы бионики, с 1985 г. начали исследования «динамических структур», а в 1991 г. организовали «Общество поддержки инноваций в архитектуре». Группа под их руководством, в состав которой вошли архитекторы, инженеры, дизайнеры, биологи и психологи, разработала проект «Вертикальный бионический город-башня» (приложение 1.3). В основу проекта положен «принцип конструкции дерева». Башня-город будет иметь форму кипариса высотой 1128 м с обхватом у основания 133 на 100 м., а в самой широкой точке 166 на 133 м. В башне будет 300 этажей, и расположены они будут в 12 вертикальных кварталах по 80 этажей.

К тому же, «корни» - новый вид бионического фундамента. Наружное покрытие здания – это пластичный и воздухопроницаемый материал, имитирующий кору дерева. Система кондиционирования этого вертикального города будет аналогом теплорегулирующей функции кожи.

В конце XIX столетия башня, названная именем своего создателя – Александра Гюстава Эйфеля, поразила весь мир ажурностью и красотой. 300-метровая башня стала своеобразным символом Парижа (приложение 1.4а). Конструкция Эйфелевой башни в точности повторяет строение большой берцовой кости, легко выдерживающей тяжесть человеческого тела (приложение 1.4б). Совпадают даже углы между несущими поверхностями. Конструкция Эйфелевой башни основана на научной работе швейцарского профессора анатомии Хермана фон Мейера (Hermann Von Meyer). За 40 лет до сооружения парижского инженерного чуда профессор исследовал костную структуру головки бедренной кости в том месте, где она изгибается и под углом входит в сустав. И при этом кость почему-то не ломается под тяжестью тела. Фон Мейер обнаружил, что головка кости покрыта изощренной сетью миниатюрных косточек, благодаря которым нагрузка удивительным образом перераспределяется по кости. Эта сеть имела строгую геометрическую структуру, которую профессор задокументировал.

Японские архитекторы, проектируя небоскреб «Тайпей – 101», построенный в Токио, применили некоторые принципы строения гибкого и прочного ствола бамбука (приложение 1.5). В условиях частых землетрясений здания должны быть устойчивы и прочны. В проекте было предусмотрено построить жесткий каркас здания из композитивного материала. Этот материал имеет неравномерную структуру. Представляет собой сетку графитовых, стеклянных или более сложных по составу волокон, погруженных в пластик, как волокна в стебле бамбука. При подземных толчках верхний, сорок третий этаж, сможет отклониться от вертикали, подобно стеблю бамбука, более чем на 70 см, однако устойчивость и прочность здания при этом сохраняется.

Во всем мире можно найти множество примеров бионических сооружений:

- Сиднейская опера возводилась по аналогии с цветком лотоса (приложение 1.6);

- Пекинский национальный оперный театр – имитация водяной капли (приложение 1.7);

- Плавательный комплекс в Пекине (приложение 1.8). Внешне повторяет кристаллическую структуру решетки воды. Удивительное дизайнерское решение совмещает и полезную возможность конструкции аккумулировать энергию солнца и в дальнейшем использовать ее для питания всех электроприборов, работающих в здании;

- Небоскреб «Аква» внешне похож на поток падающей воды (приложение 1.9). Находится в Чикаго;

- Дом основателя архитектурной бионики Антонио Гауди – это одно из первых бионических сооружений (приложение 1.10). До сегодняшнего дня он сохранил свою эстетическую ценность и остается одним из самых популярных туристических объектов в Барселоне;

- В 2003 году в Санкт-Петербурге по проектам архитектора Бориса Левинзона были построены «Дом Дельфин» (приложение 1.11) и оформлен холл известной клиники «Меди-Эстетик» (приложение 1.12)

## ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА АВТОНОМНОЙ УРБАНИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАНГРОВЫЙ ЛЕС»

### 2.1 Формы конструкций бионической архитектуры

В живой природе функция и форма тесно сближены и взаимно обусловлены. Образование механических тканей живых организмов связано с интенсивностью роста и влиянием многих внешних факторов. Поэтому для конструктивной формы, например, стволов и стеблей растений характерно распределение строительного материала по линиям максимальных напряжений. Опорные элементы организма обладают значительной частью его массы.

Одной из опорных форм в природе является конус. Он присутствует в конструктивном построении крон и стволов деревьев, стеблей и соцветий, грибов, раковин и пр. Среди конусообразных форм природы встречаются два начала.

Первое – это начало устойчивости. Оно выражается в форме статичного конуса, или конуса гравитации (конус основанием вниз). Это оптимальная форма для восприятия ветровых нагрузок и действия сил тяжести. Ее легко заметить в кроне или стволе ели, в шляпке или ножке белого гриба, сморчка обыкновенного, у гриба зонтика.

Второе начало – это начало развития, которое выражается в форме динамического конуса, или конуса роста (конус основанием вверх). Примерами конуса роста являются гриб бокальчик, гриб лисичка, слоевища некоторых видов лишайника кладонии.

Принцип сопротивляемости конструкций по форме, существующий в природе, нашел широкое применение в современном строительстве. Складчатая конструкция – одна из простейших среди многообразия пространственных конструкций. Образованные из плоских поверхностей, они просты в изготовлении и в монтаже. Они могут перекрывать весьма большие сооружения, например, зал ожидания на Курском вокзале или легкоатлетический.

В мастерской природы часто встречаются конструкции в виде сводов различных пространственных форм (скорлупа ореха и яйца, панцири и раковины животных, гладкие листья, лепестки растений и др.). Пространственно изогнутые и тонкостенные, они, благодаря непрерывности и плавности формы, обладают свойством равномерного распределения сил по всему сечению. Геометрия формы помогает этим сводчатым конструкциям стать прочнее. Именно потому, что лепесток цветка изогнут, он выдерживает удары капель дождя, садящихся на него насекомых, а тонкие сводные панцири морских ежей, крабов и раковины моллюсков – давление воды в глубине моря.

С развитием городов и ростом населения перед строителями встала задача проектирования больших по размеру зданий без тяжелых трудоемких покрытий и промежуточных опор. Поэтому легкие и прочные, тонкостенные и экономичные природные сводчатые конструкции заинтересовали архитекторов. Принцип конструкции этих оболочек лег в основу создания легких, большепролетных стальных и железобетонных покрытий различной кривизны, которые нашли широкое применение при строительстве спортивных комплексов, кинотеатров, выставочных павильонов и т. д. Основное качество таких покрытий – легкость, и чем больше пролет, тем легче купол. В современных постройках толщина купола измеряется миллиметрами, и получили такие купола название оболочек-скорлуп.

Спираль – одна из форм проявления движения, роста и развития жизни. По закону спирали развивается Галактика и живой организм, например, растения. Первым, кто открыл, что растущее растение описывает спираль, был Чарльз Дарвин. Описывая спираль, вытягиваются стебли растений, двигаясь по спирали, раскрываются лепестки некоторых цветов, например, флоксов, разворачиваются побеги папоротника.

Спираль в то же время является в природе и сдерживающим началом, направленным на экономию энергии и материала.

Лишь изменяя форму конструкции, придавая ей вид спирали, природа, таким образом, достигает в конструкции дополнительную жесткость и устойчивость в пространстве.

Широкое распространение в природе имеют плоские и пространственно-изогнутые ребристые, сетчатые и перекрестные (решетчатые) конструкции, в которых основной материал концентрируется по линиям главных напряжений.

Тонкий лист растения или прозрачное крылышко насекомого обладают достаточной механической прочностью благодаря разветвляющейся в них сетке жилок.

## **2.2 Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»**

Бионика - прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги.

Бионика помогает человеку создавать оригинальные технические системы и технологические процессы на основе идей, найденных и заимствованных у природы.

Инженеры уже достаточно глубоко осознали пользу изучения живой природы для создания новых, рациональных и надежных технических систем.

В архитектуре дело обстоит сложнее, так как здесь нужно сделать еще один шаг - от техники к организации пространства для общественных

функций, к пространственной системе города и к созданию художественной формы.

Можно ли сказать, что живая природа поможет нам решать и эти проблемы? Существующий опыт обращения архитекторов к законам формообразования живой природы или, как мы его называем, опыт архитектурно-бионической практики, дает обнадеживающий ответ. Общность принципов формообразования в архитектуре и живой природе основывается на сходстве некоторых функций.

Архитектура и живая природа подвергаются воздействию одних и тех же сил земной среды: гравитационного поля земли, механических и химических факторов. В результате, как в архитектуре, так и в живой природе возникают сходные средства взаимодействия с этой средой, а именно, сходство конструктивных систем.

Кроме того, имеется сходство ряда физиологических функций живой природы и человека, а отсюда возникает сходство форм и средств взаимосвязи архитектуры и живых организмов с природно-климатической средой. Можно говорить о некоторых элементах единства законов развития живой природы, с одной стороны, архитектуры и города, с другой, как целостных функциональных систем, подчиняющихся общим законам динамики, равновесия, гармонии.

Растения-мангры (приложение 2.1) - группа разнообразных растений, которые приспособились к частым затоплениям приливами, подвижности субстрата, отсутствию кислорода в почве, повышенному содержанию солей и колебаниям солености воды и почвы.

Урбанистическая система (приложение 2.2), как и мангровые заросли, состоит из ряда вертикальных сооружений, выполняющих жилую, социальную, хозяйственную и производственную функцию. Один жилой корпус рассчитан на одновременное проживание от одной до полутора тысяч человек. В сооружениях имеются больницы, образовательные подразделения, производственные и иные блоки.

Сооружения зонированы по принципу вода - суша. Часть из них располагается на прибрежной территории, другая часть частично погружена в воду. Но все они соединены между собой системой мостов, горизонтальных и диагональных лифтов. Такая организация внешней среды позволяет ослабить нагрузку каждого отдельного элемента структуры города на грунт, не препятствует свободному движению воздушных масс, в тоже время усиливая его конструкцию и увеличивая его сопротивляемость сейсмическим и приливным воздействиям.

Система полностью автономна. Энергия добывается посредством установки генераторов, приводимых в действие приливной волной, и солнечных батарей. В случае отсутствия горных массивов на прибрежной территории, рационально сооружение ветряных генераторов.

Отходы жизнедеятельности человека скапливаются в специальных резервуарах и перерабатываются.

Неразлагаемые отходы прессуются и используются для формирования фундамента с целью постройки новых сооружений. Таким образом, город может разрастаться аналогично разрастанию мангрового леса.

Разлагаемые отходы подвергаются ферментации и используются для выращивания овощных культур.

Водная часть города огорожена водопроницаемым барьером, который позволяет разводить вблизи от города рыбу и культивировать съедобные водоросли.

Пресная вода получается двумя способами. На вершинах каждой башни находится резервуар, в котором скапливается дождевая вода. Его можно назвать нисходящий способ водообеспечения. Аналогично поглощению атмосферной воды многими растениями. В случае дефицита осадков или в дополнение к нисходящему водообеспечению, в основании зданий, частично погруженных в воду имеются опреснители. Такой способ получения пресной воды называется восходящим, аналогично поглощению воды корнями растений.

Вся урбанистическая система экологична и состоит из инертных материалов: стекло, стеклопластик, железобетон.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Архитектурно-бионическая практика породила новые, необычные архитектурные формы, целесообразные в функционально-утилитарном отношении и оригинальные по своим эстетическим качествам. Это не могло не вызвать к ним интереса со стороны архитекторов и инженеров.

Использование в технике и в архитектуре законов и форм живой природы вполне правомерно. В мире все взаимосвязано. Нет вещей и явлений, которые бы не были связаны непосредственно или опосредованно между собой, нет непроходимых барьеров между живой природой и искусственными формами и конструкциями. Существуют законы, объединяющие весь мир в единое целое и порождающие объективную возможность использования в искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения живой природы и ее форм. Основой этому служит биологическое родство человека и живой природы.

Архитектурная бионика – это новая страница в развитии строительной техники и зодчества, это осознанная, вызванная требованиями нашего времени необходимость изучить инженерные решения природы, познать законы, секреты ее строительного мастерства, это целенаправленный поиск оригинальных архитектурных форм, идеально рассчитанных самой природой.

В том, что архитекторы и строители, как и радиотехники, электроники, кораблестроители, авиаконструкторы, машиностроители и специалисты многих других отраслей техники, обратились к природе, к ее строительному искусству, нет ничего случайного. Ведь архитектурно-строительная мастерская природы без устали работает по крайней мере 2700 млн. лет, в то время как у человека строительная практика исчисляется лишь несколькими тысячелетиями существования материальной культуры.

В живой природе все предельно гармонично. В архитектуре заимствуется гармония содержания и формы, обогащается эстетика. Природа порождает у человека чувство жизнеутверждения, стремления к свету, теплу. Все это архитекторы стремятся отразить в камне, металле, кирпиче, бетоне.

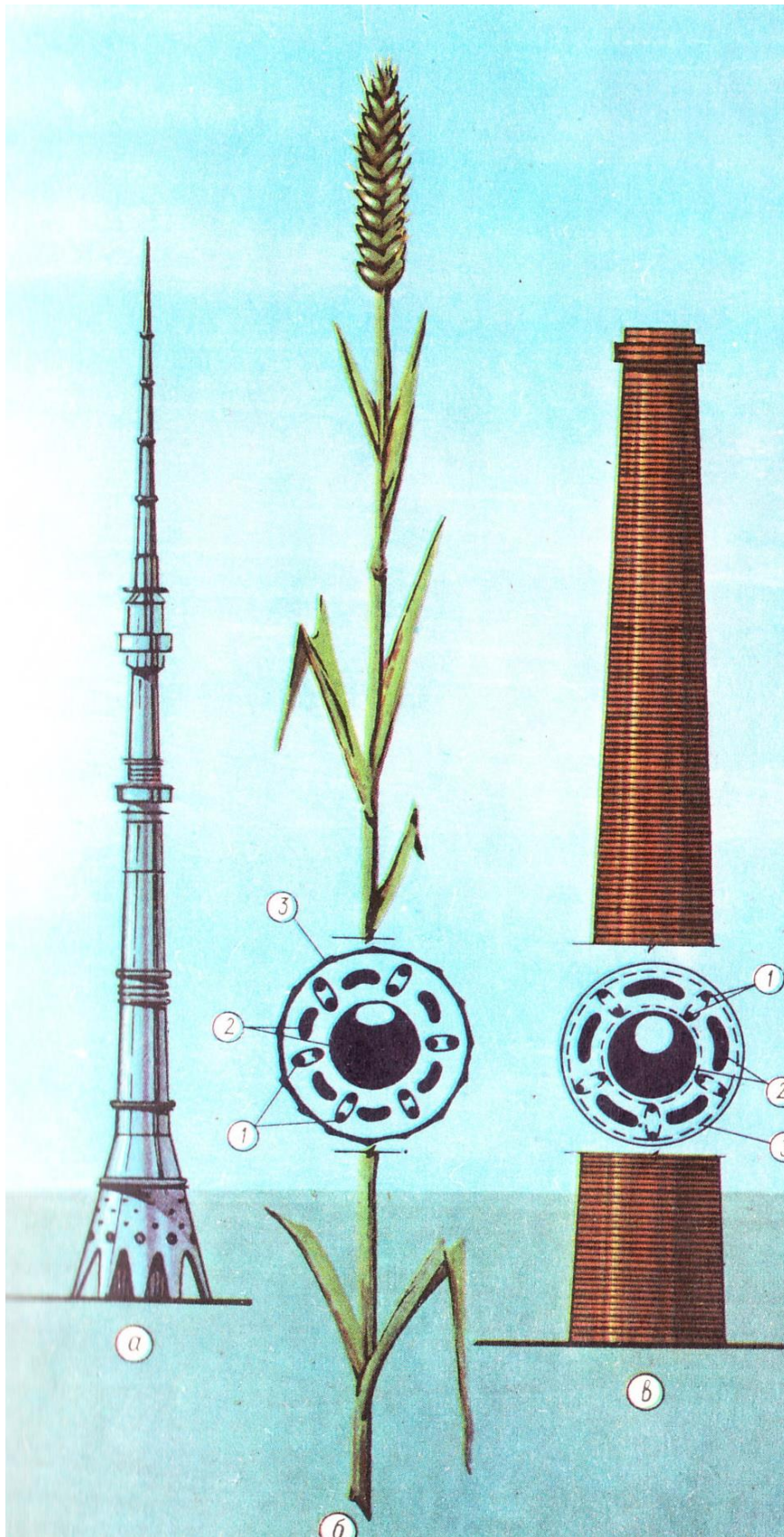
Разработанная мной урбанистическая система экологична и состоит из инертных материалов: стекло, стеклопластик, железобетон.

Понятно, что мой проект далек от совершенства. Но любое изобретение начинается с идеи. Может быть через 50 лет мы все будем жить в таких городах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архитектурная бионика. Под редакцией Ю.С. Лебедева - М. Стройиздат, 1990. -269с.
2. Белькова Е.В. Межпредметный элективный курс «Изобретатель – природа». Статья в журнале «Современный урок» №8. 2009
3. Бондарь, Е.В. Социальная экология: Учебное пособие / В.Бондарь. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2005.- 149 с.
4. Вопросы бионики. Сб. ст., отв. ред. М.Г. Гаазе-Рапопорт, М., 1967
5. Игнатьев М.Б. «Артоника». Статья в словаре-справочнике «Системный анализ и принятие решений». Высшая школа, М., 2004г.
6. Крайзмер Л.П., Сочивко В.П., Бионика, 2 изд., М., 1968г.
7. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И. и др. Архитектурная бионика, Стройиздат, 1990
8. Мартека В., Бионика, пер. с англ., М., 1967
9. <https://litvek.com/book-read/440667-kniga-izot-borisovich-litinetskiy-na-puti-k-bionike-chitat-online?p=2>
10. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Бионика#История\\_развития](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бионика#История_развития)

## ПРИЛОЖЕНИЯ



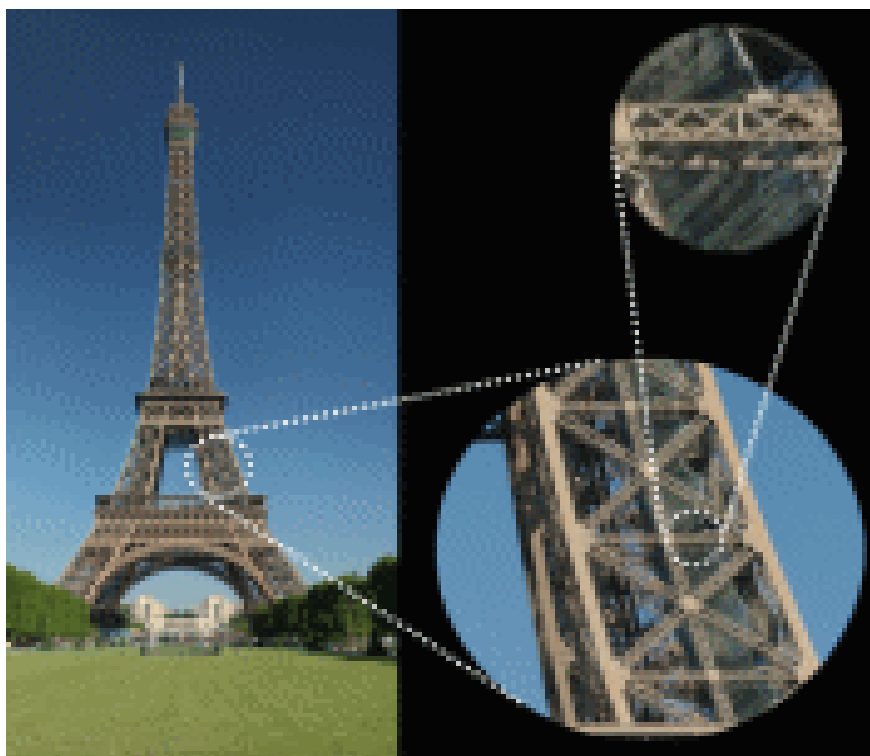
Приложение 1.1. Строение злаков, фабричных труб



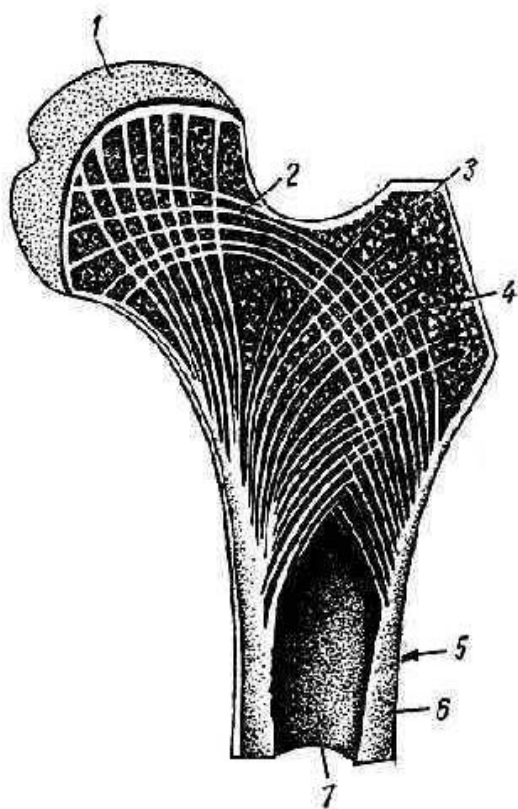
Приложение 1.2. Останкинская башня



Приложение 1.3. Город-башня



Приложение 1.4а. Эйфелева башня



Приложение 1.4б. Бедренная кость человека



Приложение 1.5. Небоскреб «Тайпей-101»



Приложение 1.6. Сиднейская опера



Приложение 1.7. Оперный театр в Пекине



Приложение 1.8. Плавательный комплекс в Пекине



Приложение 1.9. Небоскреб «Аква»



Приложение 1.10. Дом Антонио Гауди в Барселоне



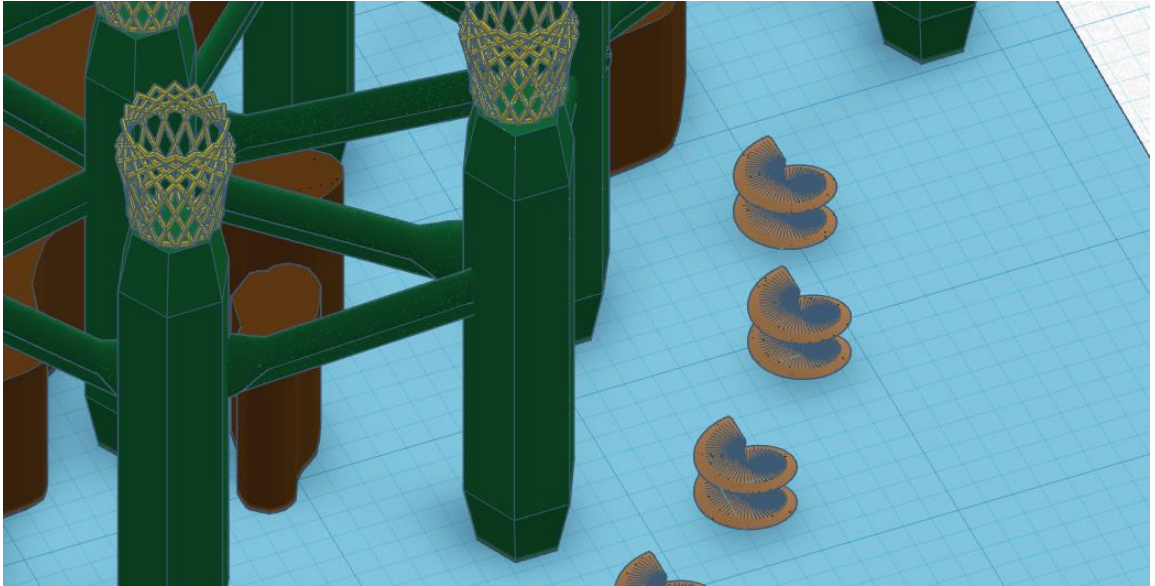
Приложение 1.11. Дом «Дельфин» в Санкт-Петербурге



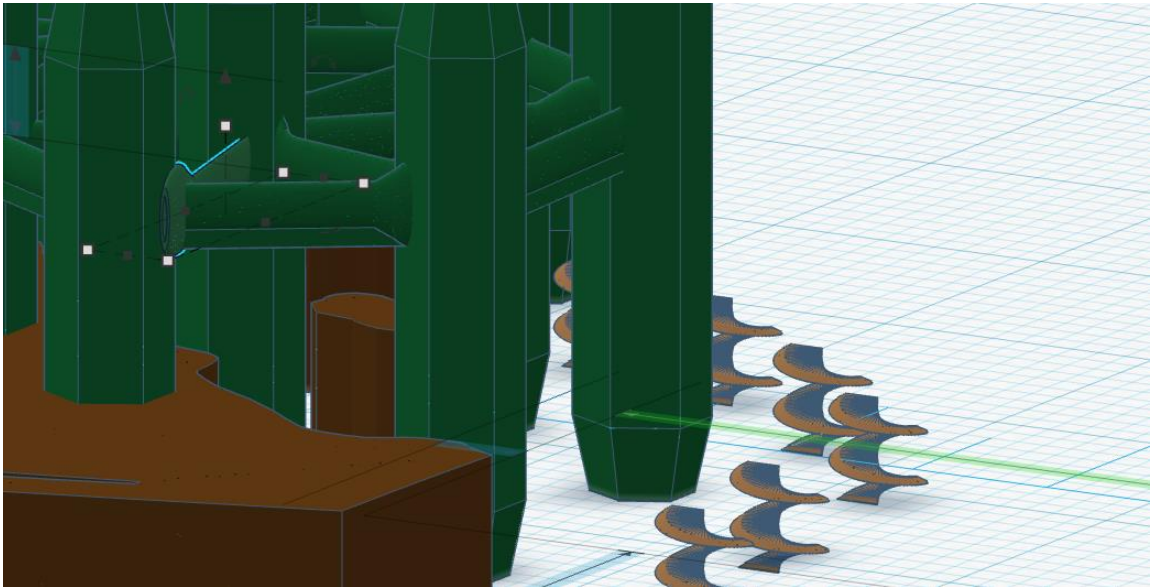
Приложение 1.12. Холл в клинике «Меди-эстетик» в Санкт-Петербурге



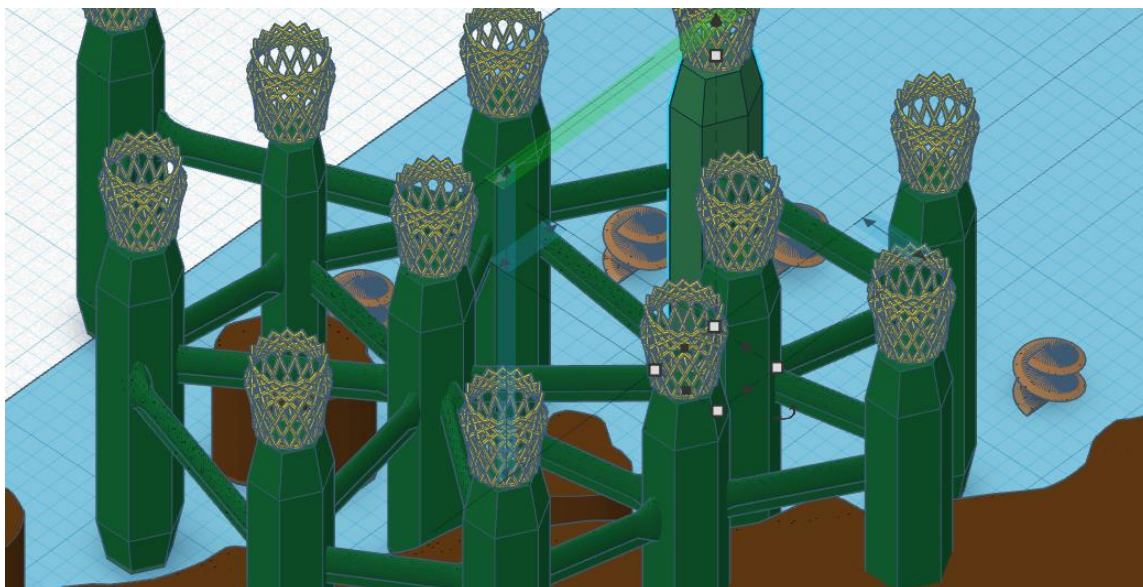
Приложение 2.1. Мангровые заросли



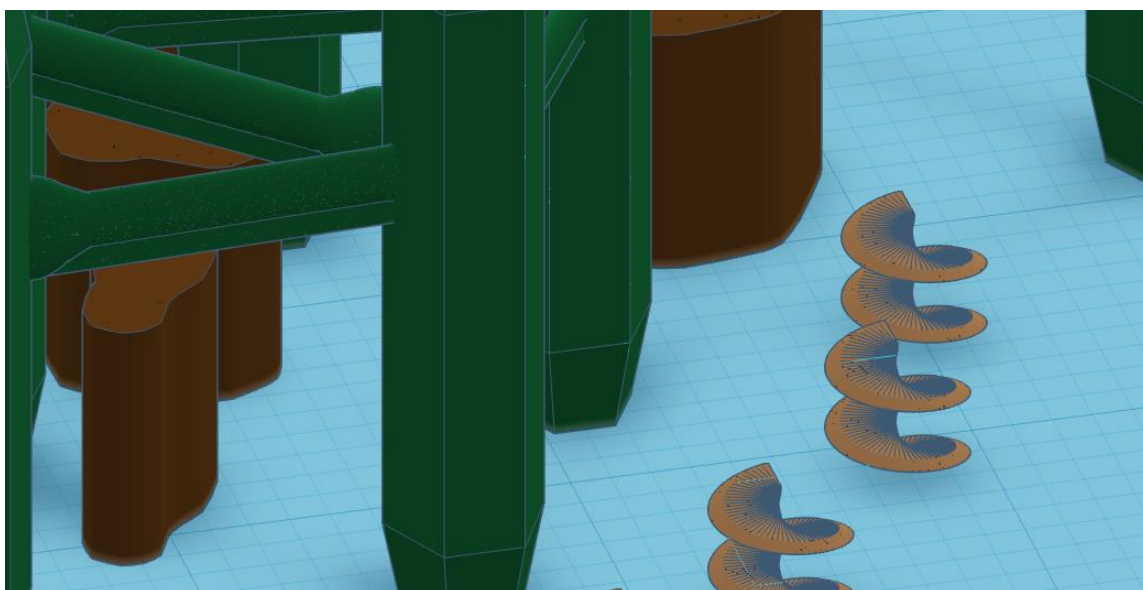
Приложение 2.1 а. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



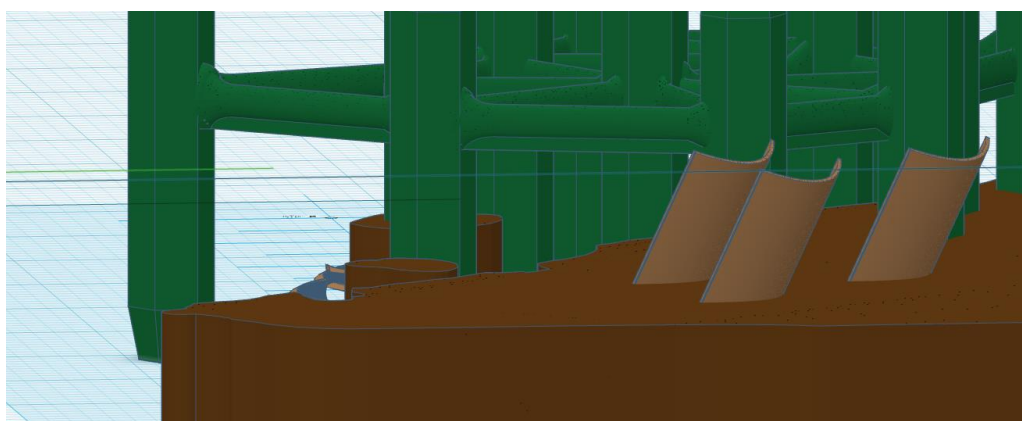
Приложение 2.1 б. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



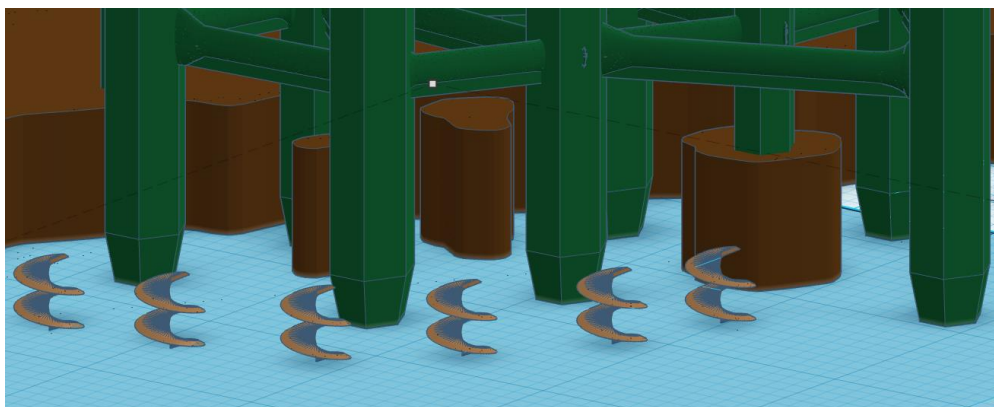
Приложение 2.1 в. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



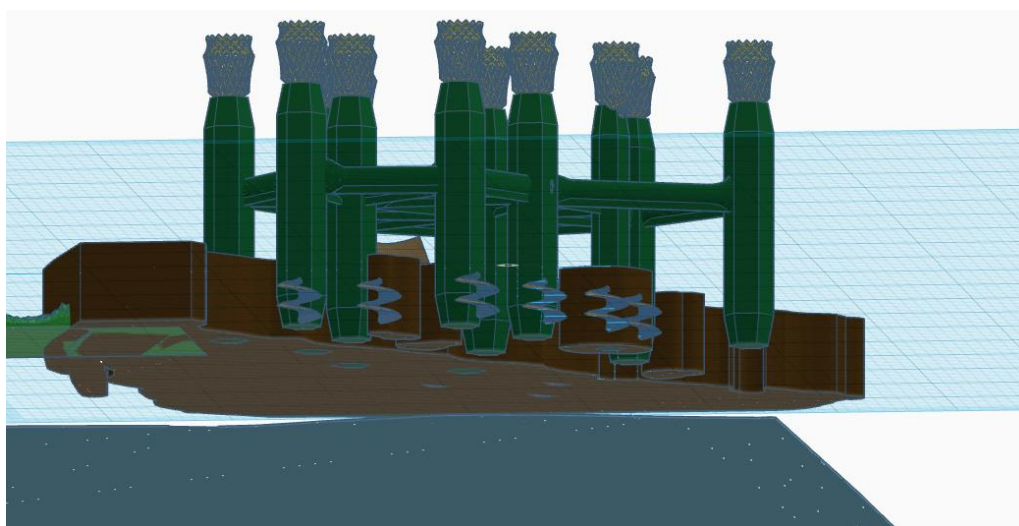
Приложение 2.1 г. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



Приложение 2.1 д. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



Приложение 2.1 е. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»



Приложение 2.1 ж. Автономная урбанистическая система «Мангровый лес»