

В настоящее время архитектурный мир находится на цивилизационном переломе, обусловленном изменением климата и истощаемостью важнейших природных ресурсов. Заканчивается период массового производства, активно потребляющего углеродные технологии. Наступает конец конвейера и массовости в сфере архитектуры. Архитектура не может устоять перед этим тектоническим сдвигом в интернациональном масштабе. Соответственно, новый этап развития цивилизации требует нового мышления. Дигитальная архитектура может отражать новую этику посткарбонной цивилизации, построенную на низкоуглеродных системах жизнеобеспечения. Нелинейная архитектура должна стать научной-«перекрестком», эстетизирующей и синтезирующей из других дисциплин манифестацию сокровенных законов природы.

Ключевые слова: нелинейная архитектура; фордизм; постфордизм; посткарбонизм; биосфера; цифровые технологии. /

The architectural world is currently at the civilizational breaking point, which is caused by the climate change and the exhaustibility of the most important natural resources. The period of mass production, which actively uses carbon technologies, will soon be over. The conveyor and mass characteristics of architecture are fading away. Architecture cannot resist this international-scale tectonic shift. Thus, a new stage of development of the civilization demands new thinking. Digital architecture can represent a new ethics of the post-carbon civilization based on low-carbon life support systems. Non-linear architecture is to become an “intersection” science, aestheticizing and synthesizing the manifestation of secret laws of nature from other disciplines.

Keywords: non-linear architecture; Fordism; post-fordism; post-carbonism; biosphere; digital technologies. /

Будущее нелинейной архитектуры / The future of non-linear architecture

ТЕКСТ

Злата Гаевская /
text
Zlata Gaevskaya

Введение

Под воздействием изменения климата и вследствие разрушения важнейших экосистем современный мир меняется очень быстро. Практически 60% (15 из 24) услуг экосистем¹, вошедших в «Оценку экосистем на рубеже тысячелетия» от 2005 года, были доведены до состояния деградации или использовались с игнорированием принципов устойчивости [1]. Кризисное состояние окружающей среды дает сигнал о приближении катастрофы. На трагичность ситуации наслаивается бурное развитие дигитальных технологий, вызывающих шок обновлений. Посткатастрофический мир становится все более реальным. Великий русский ученый естествоиспытатель В. В. Докучаев еще в XIX веке справедливо предупреждал: «Только то прочно и устойчиво, только то и жизненно и выгодно, только то и имеет будущность, что сделано в согласии с природой» [2, с. 178].

Наш век – период фундаментальных сдвигов в мышлении, обусловленных необходимостью учета перегрузки планеты Земля и новых цифровых технологий, сдавливающих пространство и время. Цифровизация, стирая границы, все больше децентрализует государства. Технология 3D-печати уже переводит цифровые данные в физический атом.

Нелинейная архитектура возникла в конце XX века на основе теории хаоса и бурного развития инструментов компьютерного моделирования. Теория хаоса привела к пониманию мира как самоорганизующихся динамических систем природы. Ключом в процессах самоорганизации является то, что процессы в системах определяются и характеризуются изменением числа и состояния их сигнальных элементов.

Появление специальных компьютерных программ, позволяющих строить формообразование на основе математических формул, алгоритмов, дало цифровую параметрическую (нелинейную) архитектуру. В чем должна быть ее новая теоретическая основа? Думается, что общечеловеческий сдвиг в мышлении диктует интернациональную научную основу новой архитектуры. Ведь меняется коренным образом архитектурное проектирование: мы переходим от рисования к программированию – написанию сценариев. Математикофобия архитекторов должна

уйти в прошлое. Идея перевода базисных принципов самоорганизующихся динамических систем для архитектуры сложна, так как нужны междисциплинарные поиски конструктивных, методологических и эволюционных принципов природы, на которых базируются биологические системы.

Архитектура как отражение природы есть прежде всего мимезис, что подразумевает творческий акт при поиске сущности подражания. Настоящий творческий процесс есть поиск фундаментальности. На чем он должен базироваться? Архитектура исторически трактовалась как вторая природа, ведь природа – самый лучший образец, так как мудрость природы проявляется в процессе естественного отбора. Биологические пробы и ошибки выковывали жизнеспособные формы жизни, обладающие очарованием и гармонией. Соответственно, красота биологических систем может быть связана с красотой архитектурной.

В природе все биоморфно и фрактально. Знаменитый архитектор Заха Хадид показала на основе иной философии пути перехода от линейной архитектуры к нелинейной (рис. 1).

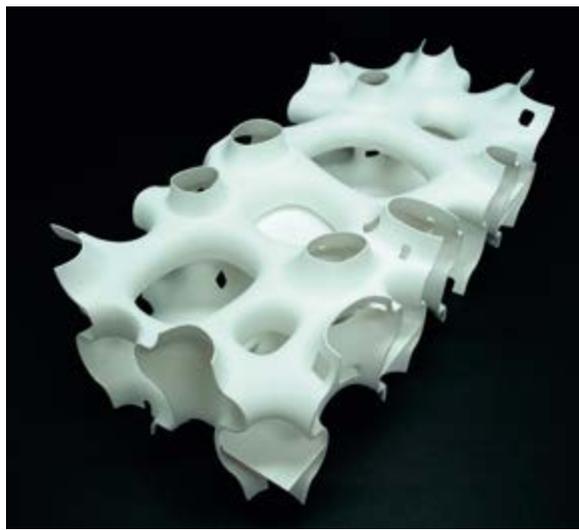
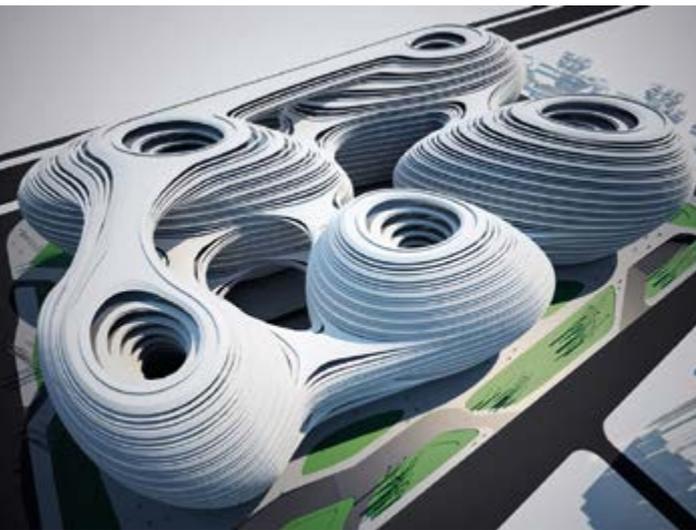
В представленном на рис. 1 проекте Захи Хадид здание создано на основе специального эффекта анимационной программы – системы блоб-объектов (меташариков, или метаболов). Эта система построена на морфогенетических возможностях алгоритмической самоорганизации. Набор сфер программно соединен так, что композиция определяется центром, площадью поверхности, массой относительно других, так что создается ощущение мягкого текучего вещества.

Родившаяся философия нелинейной архитектуры нуждается в разработке своего языка, соответствующего новой фазе интеллектуального развития человечества. Рассмотрим будущее нелинейной архитектуры, возможные пути ее развития.

Методы

Архитектура всегда отражала потребности развития общества. Первый индустриальный перелом в развитии общества связан с инновациями Генриха Форда. Символической датой рождения фордизма считается 1914 год.

1. Услуги экосистем определяются как блага, получаемые человеком от экосистем. Они разделяются на четыре категории: поддерживающие услуги (например, среда обитания различных видов и генетические ресурсы); производящие услуги (продукты питания и лекарственное сырье); регулирующие услуги (регулирование климата и экстремальных явлений); и культурные услуги (отдых и туризм) (www.teebweb.org).



< Рис. 1. Zaha Hadid Architects, композиция масс-блоч/метабола, комплекс Soho Galaxy в Пекине [3]

< Рис. 2. Тойо Ито. Минимальная геометрия поверхности. Тайчунский оперный театр, Тайчжун, Тайвань

Традиционно под фордизмом понимают индустриальное серийное производство, сборочный конвейер, крупные фабрики и урбанизированное общество, где циркулируют в основном стандартизированные товары массового потребления.

Предчувствуя конец ремесленничества, сто одиннадцать лет назад, в 1909 году, в своем манифесте итальянские футуристы провозгласили: «До сих пор литература воспевала задумчивую неподвижность, экстаз и сон; мы же хотим восхвалить наступательное движение, лихорадочную бессонницу, гимнастический шаг, опасный прыжок, оплеуху и удар кулака» [4, с. 7].

Идею нового индустриального мироустройства, связанного с динамизмом и скоростью машины, подхватили русские конструктивисты (1920–1930 годы). Яркий представитель конструктивизма Моисей Гинзбург в 1923 году провозгласил: «И конечно, задача современной архитектуры – отыскать те элементы формы и законы их сочетаний, в которых проявиться ритмическое биение наших дней» [5, с. 116]. Поздний конструктивизм (1926–1928 годы) поставил во главу угла функциональный метод, требующий соответствие формы функции для ускоренной индустриализации строительства.

Предчувствуя конец фордизма (1970 год) и ломку человеческого мировосприятия, еще в 1958 году в узком кругу ярый противник массовой культуры и функционализма австрийский архитектор и живописец Фриденсрайх Хундертвассер прочел «Манифест заплесневелости против рационализма в архитектуре», где констатировал: «Функциональная архитектура выбрала неправильную дорогу, сродни рисованию с помощью линейки с прямыми краями. Гигантскими шагами мы приближаемся к непрактичной и в конечном счете непригодной архитектуре» [6]. А на английском языке этот документ был опубликован как раз в 1968 году в каталоге выставки, проходившей в Университете Беркли (США).

Общество, где преобладало массовое конвейерное производство уходит в прошлое. Чувствуя это, Патрик Шумахер как идеолог параметризма в своем манифесте 2009 года провозгласил: «Авангардная архитектура и градостроительство проходят стадию инновационной адаптации – переоснащение новым инструментарием

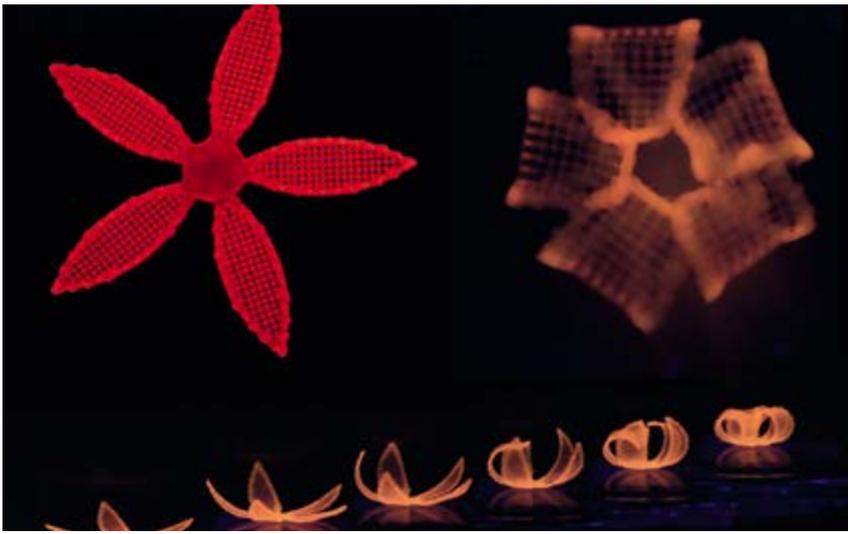
и приспособление дисциплины к требованиям социально-экономической эры постфордизма. Общество, характеризовавшееся всеобщими стандартами потребления, эволюционировало в гетерогенное общество «множественности», особенностями которого являются стиль жизни «процветания» и дифференциация карьеры. Архитектура и градостроительство призваны оформить возросшую сложность постфордистского общества» [7].

Но постфордизм, зародившийся в 1970-х годах, близок к своему закату. В постфордизме серийное производство облеклось только в одежды мобильного и распыленного производства и не вняло зависимости от природы. Творчески люди как пророки декларируют фундаментальные сдвиги в обществе. Финский архитектор, лидер экологического урбанизма Марко Касагранде еще в 2015 году потребовал: «Главный вызов в том, что мы должны научиться сдаваться. В наших умах серийное производство уже превалирует над природой. Мы давно стали слугами индустрии. Архитектура и урбанизм достигли того момента, когда надо просто открыться, отпустить себя и позволить природе вмешаться. Нам кажется, что наша механическая реальность не зависит от природы, но это абсурд» [8].

Кислородом постфордистского общества является энергия, получаемая из исчерпаемых ресурсов: угля, нефти, газа, урана. Приближается новый этап развития человечества, названный выдающимся британским социологом Джоном Урри «постуглеродным обществом» [9].

Голод, катастрофы, конфликты и скатывание к примитивным формам жизни ждет человечество в случае неразработки низкоуглеродных систем жизни. При этом следует понимать, что цифровизация общества требует огромных объемов энергии.

Конструирование данных систем связано с децентрализацией и экономией энергии с учетом изменений климата. Сейчас в основном усилия направлены на уменьшение потребления энергии или переход на возобновляемые источники энергии на уровне отдельных сооружений, а не на все жизненное пространство. «Сегодня здания поглощают примерно половину израсходованной людьми энергии. От остальных 50%, в равной степени распределенных между транспортом и промышленностью, жилое



^ Рис. 3. Технология 4D-печати

^ Рис 4. Пример благоприятного и неблагоприятного положения строительных объектов (по И. П. Баранову) относительно литодинамических процессов. Территория экопоселения Славный, Ясногорский район, Тульская область. М-6 1:2 000.

Условные обозначения:
 1 – литодинамические потоки-повышения;
 2 – оползневые тела;
 3 – карстовые образования;
 4 – направление стока поверхностных вод;
 5 – благоприятное расположение зданий;
 6 – неблагоприятное расположение зданий

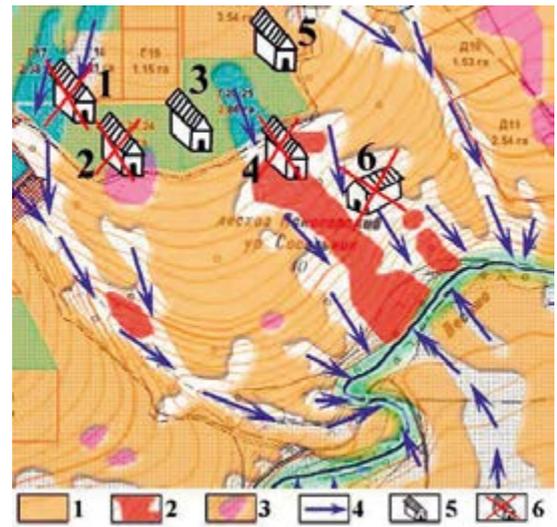
и общественное строительство дополнительно требует значительную часть. Причина этого кроется в том, что здания отвечают за половину выброса CO₂ в атмосферу» [10, с. 15]. Повышение концентрации в атмосфере планеты диоксида углерода приводит к значительному дополнительному перегреву Земли, вызывающему климатический дисбаланс.

Таким образом, управление городами должно осуществляться на основе сохранения и управления экосистемами. Такой подход ведет к рассмотрению их как части биорегионов и биосферы. Можно ли в рамках нелинейной архитектуры формировать здания как часть городской экосистемы, существующей в рамках более широкой экологической сети? Как должна развиваться нелинейная архитектура эпохи постфордизма, чтобы ответить на вызовы надвигающейся эпохи посткарбонного общества? К настоящему времени нелинейная архитектура использует новый язык формообразования (сплайны, нервы, блобы, скрипты). «Коробочное» мышление уступило место мышлению криволинейными поверхностями на основе вычислительных методов

Данный язык формообразования позволяет более гармонично объекты архитектуры вписывать в окружающую среду, так как моделирование построено на поиске механизмов построения природного объекта (фитоморфного, зооморфного, антропоморфного, лендоморфного).

Разрешается на основе цифрового моделирования одно из теоретических противоречий архитектурной бионики, заключающееся в противопоставлении прямой планировки и конструктивных схем биоморфных и фрактальным формам природы. Фрай Отто, Патрик Шумахер, Заха Хадид, Тойо Ито, Грег Линн и другие пионеры нелинейной архитектуры сделали реальностью фантазийные здания, на основе выражения гармонии языка природы. Сутью их новшеств в архитектуре являлось то, что из различных биологических моделей брались за основу различные виды систем: геометрические, оболочечные, структурные, кинетические, сенсорные, агрегации и т. д.

Представляется, что уже сейчас, в эпоху постфордизма, необходимо изучение языка природы направить в русло поисков законов энергоэффективности. Видятся эффективными также и поиски на основе компьютерного



программирования минимальных поверхностей зданий для рационального использования ресурсов, необходимых для создания зданий. В этом может помочь моделирование с трехпериодическими минимальными поверхностями (TPMS). Эти поверхности делят пространство на две отдельные области, каждая из которых является непрерывной (рис. 2)

Кроме вышеуказанного, научный прорыв в области «умных» энергоактивных и сберегающих ресурсы зданий могут дать технологические разработки на основе технологии 4D-печати. Они делают более глубокую интеграцию архитектуры в биосферу, так как вводится в проектирование наиважнейших фактор жизни – время.

Впервые понятие 4D-печати ввел в употребление в 2013 году Скайлэр Тибитс из Массачусетского технологического института. Имея архитектурное образование и опыт работы в бюро Захи Хадид, ученый в рамках конференции TED представил концепцию «самостоятельной сборки», когда распечатанные на 3D-принтере объекты под влиянием внешних факторов начинают изменяться, принимая изначально заложенную в них форму [12].

Технологии 4D-печати могут позволить сделать реальностью «живые» и «дышащие» здания. Ученые исследовательского центра Foresight + Innovation, моделируя здание 2050 года, пишут: «Здание должно иметь динамичную сеть обратных связей умных материалов, датчиков и объединенных автоматизированных систем, которые практически функционируют как сложная и высокочувствительная нервная система человека. В этом смысле структура здания отличается своей сверхадаптивностью и широким набором функций, не имеющих четких границ; это схема, где пространство и форма меняются в зависимости от времени суток или группы людей, которые сейчас в нем находятся. Ее элементы должны быть динамичными, умными и реагирующими на изменения – «дышащая» система, которая «оживает» от взаимодействия с людьми и окружающей их средой [13].

Это не фантастика, так как уже сейчас ведутся научные разработки по использованию конструктивных материалов с памятью («умный» металл – нитинол и другие сплавы). Претворение в реальность «умных» зданий требует разработки теоретических основ нелинейной ар-

хитектуры как динамических процессов, обусловленных их экосистемами. Состояние планеты Земля – детерминатор нового витка развития нелинейной архитектуры.

Результаты и обсуждение

Любуясь творениями природы, постигая изумительное соотношение живого со средой, мы видим красоту и лад во всем. Лучшие произведения архитектуры, традиционный крестьянский ландшафт свидетельствуют о возможности сотворчества с природной средой. Так, народные плотники – зодчие – замечательно учитывали возникающий на каждом объекте строительства свой индивидуальный микроклимат и все особенности среды, начиная с гидрогеологии (намыв речной водой излучины, какая часть острова сухая, вид флоры и т. д.) и заканчивая учетом ветрового режима (расположение за ветрозащитными экранами – кромкой холма, в низине склонов, за лесным массивом и т. д.). Этот многовековой опыт, основанный на интуиции и традициях, необходимо перевести на современный научный язык с учетом требований энергосбережения и необходимости восстановления разрушенных экосистем.

Объекты архитектуры наиболее значительно затрагивают четыре оболочки планеты Земля – литосферу, атмосферу, гидросферу, биосферу. Наиболее важен учет состояния верхнего слоя земного шара – литосферы. Давление на нее меняет естественный ход природных геологических процессов и вызывает техногенные процессы. Литосфера связана и с атмосферой, и с гидросферой, и с растительным миром. Человечеству необходимо задуматься о воздействии на приповерхностные слои Земли. Так, например, каждое 3–5-этажное здание весит до 15 тысяч тонн, многоэтажное – в 20 раз больше.

Где предел давления объектов архитектуры на литосферу? Как они будут встраиваться в существующие глобальные потоки массоэнергообмена? Каковы данные, определяющие меру и гармонию? В Институте биологического приборостроения РАН проводятся пионерные исследования (В. И. Степанова, И. П. Степанов, И. П. Баранов) на основе выявления динамических процессов формирования литогенных структур, которые имеют формы потоков-повышений и потоков-понижений в плане.

И. П. Баранов подчеркивает: «Карта пластики дает новую, ранее не обнаруживаемую по традиционным картам, информацию о связи рельефа города и его инфраструктуры (дороги, мосты, постройки, подземные коммуникации) с элементами природы (грунтовыми и подземными водами, горными породами, почвами, растительным и животным миром (рис. 4) ... Таким образом, искусственное прерывание целостности природных твердых потоков и потоков геовещества в пределах 10–20 метров от поверхности мало отразится на процессах миграции и аккумуляции, которые природа создавала не одну тысячу лет. Нарушенная структура потока со временем будет восстанавливаться, и через несколько лет после сдачи объекта начнут проявляться: просадки грунта, оползни, подтопление фундамента, трещины. Мы считаем, что самым важным в планировке должен стать выбор ключевых мест-ядер, вокруг которых должно идти архитектурное планирование. Такие ядра должны быть: в пределах потоков-повышений, на поверхности с незначительным уклоном, вдоль потока, без признаков суффозионно-карстовой деятельности и без оползневых процессов. Между ядрами можно разместить переходные зоны или объекты с незначительной нагрузкой на земную поверхность» [14].

Помимо учета литосферы, необходимо понимать, что на градостроительном уровне правильная организация землепользования – один из способов смягчения климата, так как величина альбеда (показатель отражения светового потока) является характеристикой элементов плановой структуры территории. Баланс

отражательной способности местности тесно связан с оптимизацией функциональной структуры территории, взаиморазмещения лесных (озелененных), сельскохозяйственных, застроенных зон и акваторий. Ведь жилая, индустриальная и коммуникационная инфраструктура – заметный фактор воздействия на климатическую систему Земли. По мнению С. П. Горшкова, «абиотизация суши – антропогенное превращение за исторический период Зеленой Земли в Серую (обеслесение, опустывание, замена переувлажненных и аквальных местообитаний на поля, плантации и искусственные пастбища, быстрое расширение техногенной инфраструктуры, в особенности посредством урбанизации) – меняет структуру гидрологического цикла в сторону уменьшения эвапотранспирации, что усиливает нагрев приземного воздуха на суше. В условиях Серой Земли усиливается интенсивность стихийный бедствий» [15, с. 413].

Земля – это хрупкая планета. Максимальная величина зданий, городов должна определяться предельными показателями природной «обители». Геопространственные данные для этого могут быть предоставлены космическим зондированием. На рис. 5 представлен пример конкурсной работы, показывающей возможности адаптации города к природе.

Наблюдение из космоса должно помочь во вписывании функционально-планировочных структур и застройки в ландшафтные ниши, которым в соответствии с географическими условиями места и климата соответствуют строго определенные сочетания видов флоры и фауны. При этом следует понимать, что в природе все разнообразно, связано потоками живого вещества и находится в движении. Единая сеть жизни не должна разрываться.

Архитектура 4D-печати – это эстетизация природного обмена и движения, встроенности в массоэнергопотоки природы. Новая нелинейная архитектура должна быть как целостная взаимосвязанная система природа – человек и трактоваться как единый организм. Можно представить ее как своеобразные соты, где все должно занимать свое четко определенное взаимосвязанное место. На градостроительном уровне важен учет массоэнергообмена. В этот баланс должен встраиваться и баланс массоэнергообмена по зданию. Для этого предстоит создать научное знание, где каждый изученный кирпичик будет отвечать за свою область взаимодействия со средой и будет ориентирован на работу всей системы.

В нелинейной архитектуре нужно уйти от конструирования объекта к конструированию сложных адаптирующихся систем. Уже сейчас, по мнению Джоя Ито, «проектирование эволюционировало от конструирования объектов, как физических, так и нематериальных, через системное проектирование к проектированию сложных адаптирующихся систем» [16, с. 18].

Заключение

Архитектура низкоуглеродных систем жизни есть не отражение массового производства, а природная высокотехнологичная поэтика конкретного места. Требования посткарбонного общества приведут к тому, что в фокусе нелинейной архитектуры будет находиться проектирование сложных адаптирующихся систем, связанных с экосистемой Земли. Монументальный сдвиг в развитии общества, обусловленный переходом к низкоуглеродным системам жизни требует перепроектирования существующего способа мышления. Фрагментированный способ мышления должен уступить целостному взгляду на мир. Архитектура как синтетическая наука – «перекресток» может выступить объединяющей дисциплиной, показывающей в материале разнообразия природы и происходящих в ней целостных закономерностей. Архитектура, как душа эпохи посткарбона, должна демонстрировать не покорение природы, а гармонию с ней.



> Рис. 5. Mountain-City, проект на конкурс eVolo (источник -<https://www.evolo.us/mountain-city/>)

Литература

1. Городская экосистема и управление ресурсами [Электронный ресурс]. – URL: http://habitat3.org/wp-content/uploads/16-issue-paper_russian.pdf (дата обращения: 07.08.2020)
2. Докучаев, В. В. Сочинения. Т. 7: Организация почвенных учреждений и вопросы сельского хозяйства в России: статьи и доклады, популярные лекции/под ред. Л. И. Прасолова, И. В. Тюрина. – Москва, 1953. – 504 с.
3. Schumacher Patrik. Parametricism: The Next Decade [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/AU%20Parametricism.html> (дата обращения: 07.08.2020)
4. Манифесты итальянского футуризма/пер. В. Шершеневич. – Москва: Типография Русского товарищества, 1914. – 77 с.
5. Гинсбург, М. Я. Ритм в архитектуре. – Москва: Изд-во «Среди коллекционеров», 1923. – 119 с.: ил.
6. Хундертвассер Фриденсрайх. Манифест заплесневелости против рационализма в архитектуре [Электронный ресурс]. – URL: http://www.hundertwasser.ru/philosophy/pages/1958--Mouldiness_Manifesto--RUS--Hundertwasser.html (дата обращения: 07.08.2020)
7. Schumacher, P. Parametricism – A New Global Style for Architecture and Urban Design [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.patrikschumacher.com/index.htm> (дата обращения: 07.08.2020)
8. Марко Касаграндо: «Нам кажется, что наша механическая реальность не зависит от природы, но это абсурд»: интервью [Электронный ресурс]. – URL: <https://strelkamag.com/ru/article/interview-marco-casagrande> (дата обращения: 07.08.2020)
9. Урри, Дж. Как выглядит будущее? – Москва: Изд. дом «Дело», 2018. – 320 с.
10. Руано, М. Экологическое градостроительство: учеб. пособие/пер. Н. Г. Благовидовой. – Москва: Изд-во МАРХИ, 2014. – 206 с.: ил.
11. Toyo Ito's Taichung Metropolitan Opera House [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.metalocus.es/en/news/toyo-itos-taichung-metropolitan-opera-house> (дата обращения: 07.08.2020)
12. Ученые Гарварда разработали новую технологию 4D-печати [Электронный ресурс]. – URL: <https://archspeech.com/article/uchenye-garvarda-razrabotali-novuyu-tehnologiyu-4d-pechati> (дата обращения: 07.08.2020)
13. Конструкция 2050 года // Высотные здания. – 2013. – № 4. – С. 64–67
14. Баранов, И. П. Использование концепции пластики рельефа в решении проблем современного градостроения [Электронный ресурс]. – URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article129.pdf> (дата обращения: 07.08.2020)
15. Придопользование и устойчивое развитие. Мировые экосистемы и проблемы России/науч. ред. Г. В. Сдасюк, А. А. Тишков, Г. В. Сдасюк. – Москва: Товарищество научных изданий «КМК», 2006. – Вып. 3. – 448 с.
16. Джой И., Хоуи Дж. Сдвиг. Как выжить в стремительном будущем/пер. с англ. О. Поборцевой. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 272 с.

References

Baranov, I. P. (n.d.). Ispolzovanie kontseptsii plastiki reliefa v reshenii problem sovremennogo gradostroeniya [Using the concept of the relief plastics in solving the problems of modern urban planning]. <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article129.pdf>

- Casagrande, M. (2015, June 1). Interview. <https://strelkamag.com/ru/article/interview-marco-casagrande>
- Dokuchaev, V. V. (1953). Organizatsiya pochvennykh uchrezhdenii i voprosy selskogo khozyaistva v Rossii: statyi i doklady, populyarnye lektsii [Organization of soil institutions and issues of agriculture in Russia: articles and reports, popular lectures]. In L. I. Prasolova & I. V. Tyurina (Eds.), *Sochineniya [Essays] (Vol.7)*. Moscow.
- Ginsburg, M. Ya. (1923). *Ritm v arkhitekture*. Moscow: Izd-vo "Sredi kolektsionerov".
- Gorodskaya ekosistema i upravlenie resursami: Doklad Habitat III [Urban ecosystems and resource management: Habitat III Report]. http://habitat3.org/wp-content/uploads/16-issue-paper_russian.pdf
- Hundertwasser, F. (1958). Mouldiness Manifesto against rationalism in architecture. http://www.hundertwasser.ru/philosophy/pages/1958--Mouldiness_Manifesto--RUS--Hundertwasser.html
- Ito, J., & Howe, J. (2018). Sdvig. Kak vyzhit v stremitelnom budushchem [Whiplash: How to survive or faster future] (O. Pobortseva, Trans.). Moscow: Mann, Ivanov i Ferber.
- Konstruktsiya 2050 goda. [Structure of the year 2050]. (2013). *Vysotnye zdaniya*, 4, 64–67.
- Manifesty Italiyanskogo futurizma [Manifests of the Italian futurism]. (1914). (V. Shershenevich, Trans.). Moscow: Tipografiya russkogo tovarishchestva.
- Ruano, M. (2014). *Ekologicheskoe gradostroitelstvo: uchebnoe posobie [Ecological urban planning: A manual]* (N. G. Blagovidova, Trans.). Moscow: Izd-vo MArchI.
- Schumacher, P. (2009). *Parametricism – A New Global Style for Architecture and Urban Design*. <http://www.patrikschumacher.com/index.htm>
- Schumacher, P. (n.d.). *Parametricism: The Next Decade*. <http://www.patrikschumacher.com/Texts/AU%20Parametricism.html>
- Sdasyuk, G. V., Tishkov, A. A., & Sdasyuk, G. V. (Eds.). (2006). *Prirodopolzovanie i ustoychivoe razvitiye. Mirovye ekosistemy i problemy Rossii [Nature use and sustainable development. The world ecosystems and the problems of Russia]*, issue 3. Moscow: T-vo nauchnykh izdaniy KMK.
- Toyo Ito's Taichung Metropolitan Opera House. (2016, October 3). <https://www.metalocus.es/en/news/toyo-itos-taichung-metropolitan-opera-house>
- Uchenye Garvarda razrabotali novuyu tehnologiyu 4d pechati [Harvard scientists developed a new 4D printing technology]. (2016, February 11). <https://archspeech.com/article/uchenye-garvarda-razrabotali-novuyu-tehnologiyu-4d-pechati>
- Urry, J. (2018). *What is the future?* Moscow: Izd. dom "Delo".