

Н.А. САПРЫКИНА

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА В КОНТЕКСТЕ ПАРАДИГМЫ УСТОЙЧИВОГО ОБИТАНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ*

В статье рассмотрена проблема использования экологического подхода к формированию пространства жизнедеятельности в контексте альтернативных направлений развития архитектуры. Выявлены экопозитивные концепции формирования инновационных архитектурных объектов и прецеденты их применения: рассмотрены био-энергоактивные объекты, фотосинтетические города. В рамках концепции органическое земледелие как реабилитация городского пространства рассмотрены экологически устойчивые проекты и прецеденты городского фермерства - вертикальные фермы, а также вертикальные парки и аэростатические объекты мигрирующего озеленения городской среды. В контексте парадигмы устойчивого городского метаболизма рассмотрены концепция эко-эффективного города, концепция «экополиса» как интегрированной среды обитания с «безотходной технологией», а также концепция мегаполиса как «экологическая реурбанизация».

Ключевые слова: биоэнергоактивные объекты, фотосинтетические города, органическое земледелие, городское фермерство, вертикальные парки, «экополисы» и мегаполисы, экологическая реурбанизация.

N.A. SAPRYKINA

FORMATION OF ARCHITECTURAL SPACE IN THE CONTEXT OF THE PARADIGM OF SUSTAINABLE LIVING: ECOLOGICAL CONCEPTS

The article considers the problem of using an ecological approach to the formation of a living space in the context of the alternative directions for the development of architecture. Eco-positive concepts for the formation of innovative architectural objects and precedents for their application are revealed: bio-energy-active objects, photosynthetic cities are considered. Within the framework of the concept of organic farming as a rehabilitation of urban space, environmentally sustainable projects and urban farming precedents are considered - vertical farms, as well as vertical parks and aerostatic objects of migrating urban greening. In the context of the paradigm of sustainable urban metabolism, are considered the concepts of an eco-efficient city, the concepts of "ecopolis" as an integrated habitat with "non-waste technology", as well as the concept of a metropolis as "ecological reurbanization".

Keywords: bio-energetic sites, photosynthetic cities, organic farming, urban farming, vertical parks, "ecopolis" and megalopolises, ecological reurbanization.

Saprykina Natalia.
Contemporary World's
Architecture, 2/2021.
Pp. 53–81.

УДК 72.01

DOI 10.25995/
NIITIAG.2021.17.2.003

**Сапрыкина Наталия
Алексеевна** — доктор
архитектуры, профессор,
член-корреспондент
РААСН, зав. кафедрой
Московского архи-
тектурного института
(государственной ака-
демии). Главный научный
сотрудник НИИТИАГ
(филиал ФГБУ «ЦНИИП
Минстроя России») —
E-mail: nas@markhi.ru

Saprykina Natalia —
Doctor of Architecture,
Professor, Corresponding
Member of the RAACS,
Head of the Department
of the Moscow Archi-
tectural Institute (State
Academy). Chief Research
of the INIITIAG, branch of
the Federal State Budget
Institution "Central Institute
for Research and Design
of the Ministry of Construc-
tion and Housing and
Communal Services of the
Russian Federation".

* Исследование осу-
ществлено в рамках
Программы фунда-
ментальных научных
исследований Рос-
сийской академии
архитектуры и строи-
тельных наук и Мини-
стерства строитель-
ства и жилищно-ком-
мунального хозяйства
Российской Федера-
ции на 2021 год.

Ограниченность потребляемых ресурсов заставляет архитектора изменить взгляд на традиционные ресурсы или использовать их новые неосвоенные потенциалы, а также искать типологии и формы организации обитаемого пространства в контексте ресурсосбережения. Все это говорит о необходимости пересмотра существующей парадигмы потребления и введения новой методики формирования пространственной среды обитания как целостной системы архитектурно-концептуального мышления¹.

Разработка экологических подходов к созданию жилой среды является развивающейся прогрессивной тенденцией в архитектуре и вызывает к действию критическое осмысление теоретических основ, экспериментальных и практических разработок, а также выявление наиболее рациональных способов их применения в практике проектирования. В связи с этим в теоретических и практических разработках, связанных с формированием экологической среды обитания, выдвигается новая парадигма обитания, включающая такие вопросы, как классификация архитектурных ресурсов будущего и типологии нового потребления (информация, утилизация отходов, нулевое потребление и др.). Обосновывается целесообразность альтернативного понимания ресурсосберегающей архитектуры как новой пространственной системы².

Рациональное использование пространства, времени и материалов на весь срок эксплуатации объекта в условиях изменений, происходящих в обществе и экономике, составляет основной принцип устойчивого развития архитектуры. Устойчивость предполагает возможности решения экологических проблем и одновременного повышения эффективности потребления природных ресурсов путем совершенствования технологий. Происходит формирование новой парадигмы адаптивности, отвечающей современной стратегии цивилизации: не только выживания, но и достойного качества

¹ Efimenko D. Modelling of alliance networks in innovation ecosystem // CEUR Workshop Proceedings 5th International Conference on Actual Problems of System and Software Engineering, APSEE 2017. National Research University "Higher School of Economics" Moscow, Russian Federation. Vol. 1989, November 2017 (131890).

² Gasanov M.A., Kolotov K.A., Demidenko K.A., Podgornaya E.A., Kadnikova O.V. Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions // IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 50 (2017) 012025. URL: doi:10.1088/1755-1315/50/1/012025

³ Saprykina N.A. Innovative Tricks of Adaptations the Architectural Objects as Alternative Ecosystem // International science and technology conference "FarEastCon-2019" IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753 (2020) 032003 IOP Publishing; URL: doi:10.1088/1757-899X/753/3/032003

⁴ Finaeva O. Factors determining modern architectural space // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 451, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018) 26–28 September 2018, South Ural State University, Russian Federation. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/451/1/012151>

⁵ Saprykina N.A. Sustainable development of spatial habitat Environment as a challenge to civilization // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 463 (2018) 022052 IOP Publishing URL: doi:10.1088/1757-899X/463/2/022052

жизни людей³. Этот концепт предопределяет целесообразность рассмотрения новых подходов к решению важной экологической проблемы в следующих направленностях.

1. ЭКОПОЗИТИВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В связи с одним из острейших кризисов стран, связанных с их быстрой урбанизацией, широко внедряется концепция устойчивого развития архитектуры и строительства. Возникшие в связи с этим экологические направления и концепции предлагают кардинальное переосмысление функции городов в системе всей планеты. Они также рассматривают не только технологическую составляющую для достижения положительного баланса между городом и окружающей природной средой, но и социально-психологические факторы⁴.

1.1. Биофилические направления развития архитектуры. В сфере организации среды обитания привлекают внимание антропоцентрические и технократические концепции, направленные на создание комфортной среды жизнедеятельности. Они находят свое продолжение в концепциях, имеющих приоритетную задачу вернуть и сохранить баланс между урбанизированной и природной средой. Учет концепций с экологической направленностью при поиске новых форм городского пространства с использованием инновационных инженерных технологий позволяет экономить ресурсы и использовать возобновляемые экологически чистые источники энергии. Такой подход связан с необходимостью проведения в жизнь мероприятий, направленных на минимизацию негативных воздействий на среду обитания (загрязнение воздуха, бионеразлагающиеся отходы, шум и др.)⁵.

Это обуславливает необходимость разработки архитектурно-строительных приемов повышения энергетической экономичности зданий. Как альтернативное направление в практике проектирования и строительства архитектурных объектов появилось много решений, отвечающих перечисленным задачам, которые используют разнообразные виды экологически сбалансированных систем и новые энерготехнологии. Формирование архитектурных объектов с использованием различных систем солнечного энергообеспечения позволяет решить не только экономические и экологические проблемы, но и проводить поиск новых альтернативных подходов к организации среды обитания.

Одним из примеров сбора солнечной энергии с большой площади может служить комплекс «Искусственные лилии» на реке Клайд, протекающей через Глазго (шотландская архитектурная фирма ZM). Предложены большие специальные солнечные батареи, плавающие по воде, где



концентрируется большее количество солнечных лучей (илл. 1). Такие устройства могут внести свой вклад в защиту окружающей среды и в получение новых источников энергии для обеспечения электроэнергией жилых помещений и муниципальных учреждений⁶.

В комплексе эко-стадиона на солнечной энергии «World Games Stadium» для Всемирных игр в городе Гаосюн на Тайване (2009 г.) все устройства, которым требуется электропитание, получают его непосредственно от фотоэлементов, расположенных на крыше. Она полностью покрыта солнечными панелями площадью более чем 14 000 квадратных метров⁷. Такой объект выполняет двойную функцию — в то время, когда стадион не используется,



ИЛЛЮСТРАЦИИ

1. Проект комплекса «Искусственные лилии» на реке Клайд в Глазго, Шотландия (фирма ZM), 2008 г. URL: <http://ecotechblog.ru/news/iskusstvennyie-lilii-dlya-polucheniya-so/>
2. Проект эко-стадиона на солнечной энергии «World Games Stadium» для Всемирных игр в г. Гаосюн на Тайване, 2009 г. URL: <http://techvesti.ru/node/1058>
3. Проект «Башня Чистых Технологий» (Чикаго), 2008 г. (архитекторы А. Смит и Г. Джилл). URL: <https://inhabitat.com/smooth-operator-the-clean-technology-tower/>

ПРИМЕЧАНИЯ

- 6 Солнечная энергия от искусственных лилий [Электронный ресурс]. URL: <http://ecotechblog.ru/news/iskusstvennyie-lilii-dlya-polucheniya-so/>
- 7 Эко-стадион на солнечной энергии в Тайване [Электронный ресурс]. URL: <http://techvesti.ru/node/1058>
- 8 Энергоактивные здания : сб. науч. ст. / под ред. Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова. М.: Стройиздат, 1988. 327 с.
- 9 Чино М. Башня Чистых Технологий. 2008 [Электронный ресурс]. URL: <https://inhabitat.com/smooth-operator-the-clean-technology-tower/>

накопленная им солнечная энергия удовлетворяет спрос на электроэнергию соседних зданий (илл. 2).

Наряду с солнечной радиацией и температурой наружного воздуха скорость и направление ветра относятся к числу важнейших и решающих факторов, оказывающих влияние на тепловой баланс здания. Современное представление о ветроэнергоактивном здании связано с наделением его конструкций дополнительной функцией улавливать и преобразовывать энергию ветра в другие полезные виды энергии (электрическую, тепловую, механическую и др.)⁸.

Проект «*Clean Technology Tower*» представляет собой огромное здание необычной формы, которое построено в центре города Чикаго (архитекторы Адриан Смит и Гордон Джилл). В связи с использованием энергии ветра и солнца для получения необходимой электроэнергии и вентиляции помещений башня имеет выпуклую форму (илл. 3). По углам здания размещены турбины, которые используют энергию ветра для вентиляции внутреннего пространства помещений. На куполе размещены солнечные батареи, которые предназначены для выработки электроэнергии⁹.

Рассмотренные проектные предложения энергоактивных зданий предусматривают использование устройств, способных улавливать,



преобразовывать и передавать в энергосистему объекта энергию возобновляемых источников (солнечную, ветровую, гидро- и геотермальную, биохимическую и др.).

1.2. Биоэнергоактивные объекты как интегрированная самоорганизующаяся экологическая система. Современная концепция самоорганизации, направленная на создание высокоэффективной и экономичной инфраструктуры обслуживания, максимально отвечает потребностям пользователей и владельцев здания на основе применения компьютерных технологий. Интегрированные самоорганизующиеся экологические системы координируют контроль всего технологического оборудования и систем надежности, объединяя в одну единственную систему самые разнообразные аспекты автоматического управления городским пространством и архитектурными объектами. Экономия энергии реализуется посредством систем, способных дозировать в любой момент минимальное количество энергии, необходимой для обеспечения наилучших условий эксплуатации архитектурного пространства¹⁰.

Биоэнергоактивные здания и сооружения основаны на принципах использования биогаза как конечного продукта многоступенчатой конверсии солнечной энергии, первоначально

4. Экологическая электростанция для города Teesside (Великобритания). Фирма «Heatherwick Studio» (автор Т.А. Хезервик). URL: <https://www.evolo.us/teesside-power-station-heatherwick-studio/>

ПРИМЕЧАНИЯ

¹⁰ Saprykina N.A. Forecasting technology as a method of modeling and building Smart City concept // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 365, Smart City. (2018) 022068. URL: doi:10.1088/1757-899X/365/2/022068

¹¹ Makarskaya T.V. Sustainable architecture – eco-humanitarian challenge of civilization // Abstracts International Symposium “Sustainable architecture: present and future”. Moscow, 2011. P. 75–83.

¹² Сапрыкина Н.А. Формирование эко-устойчивой среды обитания будущего: Теория. Практика. Перспективы // Palmarium Academic Publishing. Saarbrücken (Германия), 2017. 232 с.

¹³ Heatherwick T.A. Teesside Power Station // Heatherwick Studio (United Kingdom), 2009. URL: <https://www.evolo.us/teesside-power-station-heatherwick-studio/>

¹⁴ Glynski S. Ecological Wall Created with Organic Waste Containers (Poland), 2010. URL: <https://www.evolo.us/ecological-wall-created-with-organic-waste-containers/>



ассимилированной в биологической массе и затем превращенной в газообразное топливо. Полученный продукт служит для отопления, охлаждения, а также для других технологических или экологических целей. Сферы применения биоэнергии широки и разнообразны: в сельском хозяйстве (животноводческие здания, агропромышленные здания при переработке сельскохозяйственной продукции, в пунктах утилизации отходов); в промышленности (на лесозаготовках, химических и биоперерабатывающих производствах); в жилых и общественных зданиях¹¹. Наибольший интерес представляют биоэнергоактивные жилые и общественные здания. Актуальность разработки таких объектов связана с тем, что стоимость инженерного оборудования, как правило, больше половины общей стоимости дома среднего класса, а встраивание инженерного оборудования в конструкции в заводских условиях пока не представляется возможным¹².

Примером промышленного объекта может служить проект «Экологическая электростанция» (автор Thomas Alexander Heatherwick, 2009) для города Teesside (Великобритания), которая работает, главным образом, на шелухе зерен пальмовых плодов. Это решение является достаточно практичным и недорогим, поскольку такое сырье в изобилии присутствует на мировом рынке, и его цена более привлекательна, чем на традиционные ископаемые виды топлива (илл. 4). Электростанция будет обеспечивать электроэнергией жилые здания и использоваться как общественное место с многоцелевыми пространствами для коллективных мероприятий в городском парке, расположенном на шумопоглощающих зеленых склонах объекта. Местоположение электростанции на прибрежном участке дает возможность доставлять топливо морским транспортом, что позволяет еще больше снизить выбросы углерода по сравнению с автомобильным транспортом¹³.

Органические отходы являются одним из простых и дешевых способов утилизации. В проекте «Экологическая стена», которая должна быть создана из контейнеров с органическими отходами (польский автор С. Глинский), предлагается система сбора отходов в специальных ячейках. Форма ячеек является результатом комбинирования двух функций: контейнер для отходов и элемент конструкции здания (илл. 5). Такая стена может быть основанием для растений, которые будут уменьшать количество углерода, при этом появляется возможность собирать воду и предоставить убежище для птиц. Кроме того, в сочетании с солнечной технологией возможно получение дополнительной энергии для удовлетворения потребностей пользователей¹⁴.

1.3. Фотосинтетические города. Позитивная тенденция включения в планирование городской среды идеи «зеленой инфраструктуры» и использования процесса фотосинтеза в жизни города сократит его



пагубное влияние на экологию, позволит заметить полезные ископаемые и принесет существенные экологические преимущества. Эта технология связана с множеством экосистем, таких как заливные поля и городские леса, которые оказывают положительное влияние на города и их жителей. Среди таких преимуществ — чистая вода, сбор и распределение дождевой воды, улучшение климата и очистка городского воздуха. Идея «зеленого города» может способствовать появлению источников возобновляемой энергии, основанных на фотосинтезе, а также местному производству продуктов питания и древесины¹⁵.

Одним из наиболее важных потенциальных видов биотоплива будущего являются сине-зеленые водоросли, которые можно выращивать в больших количествах на крышах домов, используя солнце, воду и питательные вещества. Производительность сине-зеленых водорослей во много раз больше, чем у большинства других биомасс, поэтому их можно бесконечно долго использовать для производства биотоплива или небольшого количества электричества. Важным в этой концепции является то, что все здания могут формировать свои «зеленые» крыши для выращивания водорослей с целью накопления солнечной энергии для местных целей, не тратясь на транспортные расходы¹⁶.

Отказ от полезных ископаемых потребует использования местных строительных материалов, что, в свою очередь, обеспечит новые возможности по созданию экологически ориентированной

5. Проект «Экологическая стена», созданная из контейнеров с органическими отходами (Польша), 2011 г. (автор S. Glynski). URL: <https://www.evolo.us/ecological-wall-created-with-organic-waste-containers/>

ПРИМЕЧАНИЯ

¹⁵ Porfiriev B.N., Dmitriev A., Vladimirov I., Tsygankova A. Sustainable development planning and green construction for building resilient cities: Russian experiences within the international context // *Environmental Hazards*. Vol. 16, Issue 2, 3 April 2017. P. 165–179.

¹⁶ Kasyanov N. Research on the Similarities of Morphogenesis in Architecture and Nature // *Proceedings of the 2nd International Conference on Architecture: Heritage, Traditions and Innovations (AHTI 2020)* / Series: Advances in Social Science, Education and Humanities Research. URL: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200923.045>

¹⁷ Belash E. Sustainable development as a trigger for new architectural and spatial solutions // *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 135 (03020). P. 1–8.

¹⁸ Brooks A., Rich H. Sustainable construction and socio-technical transitions in London's mega-projects // *Geographical Journal*. 2016. Vol. 182 (4). P. 395–405.

экономики. Главным преимуществом местных материалов является значительное сокращение затрачиваемой энергии на их поставку. Более того, местная экономика укрепляется и становится более устойчивой к глобальным экономическим изменениям. В научных разработках утверждается, что политика и практика зеленого строительства, системы зеленой сертификации и стандарты зеленого строительства служат ключевыми катализаторами преобразования городских территорий в устойчивые города.

2. ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК РЕАБИЛИТАЦИЯ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Производство энергии и продовольствия на месте может стать частью городской инфраструктуры. Мегаполисы в контексте экологических перемен и пищевой автономии предполагают развитие «городского» сельского хозяйства. В связи с этим многие города разрабатывают мероприятия для продвижения устойчивого безопасного местного и регионального производства еды. Такой подход может быть интегрирован в экологически устойчивые урбанистические и региональные проекты по реабилитации земли, что позволит интенсивно использовать возможности городского пространства.

Подобное земледелие, главной целью которого является получение продуктов питания за счет вторичного использования отходов (органической очистки жидких и превращения твердых отходов в удобрения) и производства биологической электроэнергии, позволяет сохранять энергию и возобновляемые ресурсы. В дополнение к пищевой роли, «городское» земледелие решает проблему дальнейшего развития зеленой химии с целью создания биотоплива под названием «топливо второго поколения», которое использует энергию не потребляемых отходов переработки растений¹⁷.

2.1. Прецеденты городского фермерства. В связи с перенаселением и как возможность избежать энергетического голода целью современных городов является восстановление сельскохозяйственного производства в самом городе с вторичным использованием природных ресурсов, биологической утилизацией отходов. Организация городского фермерства не требует переустройства всего города, который может использовать свободные участки земли для коммерческих и общественных ферм в заброшенных районах, если они хорошо оснащены транспортными сетями и развитой инфраструктурой¹⁸.

Фермы-небоскребы. Создание проектов вертикальных ферм отвечает решению современной задачи создания не только экологически чистого, но и более интенсивного производства в плане использования земли.



Концепция получения большого урожая с меньшей площади в городской черте способна превратить заброшенную промышленную зону в экопространство фермерских технологий будущего. Полная автоматизация, передовые энергетические источники и стерильность продукции, сокращение



novate.ru

ИЛЛЮСТРАЦИИ

6. Проект фермы «Dragonfly» для «городского» земледелия. 2012 г.
URL: <http://www.tech-life.org/articles/63-dragonfly.html>

7. Ферма-небоскреб «Harvest green» в Ванкувере (компания Romses Architects), 2009 г.
URL: <http://www.novate.ru/blogs/070509/11991/>

ПРИМЕЧАНИЯ

¹⁹ Fauth R., Schwarz J., Bullesbach J. Development of a procedure to assess the sustainability of existing buildings — Sustainability in real estate asset management and property management // Bautechnik. 2016. Vol. 93 (6). P. 366–370.

²⁰ Вертикальная ферма «Dragonfly», 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tech-life.org/articles/63-dragonfly.html>

²¹ Dragonfly Vertical Farm, 2012 (USA) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/vertikalnaja-ferma-strekoza-dragonfly-nyu-iork-ssha.html>

²² «Harvest green» project farm in Vancouver (Romses Architects Concept) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.novate.ru/blogs/070509/11991/>

расходов на доставку сельхозпродукции в мегаполис, а также защита растений и животных от болезней, вредителей, сорняков и прочих проблем «открытого» фермерского хозяйства в данном случае максимальна¹⁹.

Проект фермы «*Dragonfly*» для «городского» земледелия предполагает создание сельскохозяйственного объекта с комплексом жилых помещений, офисов и лабораторий, а также с помещениями для животных. Планируется, что ферма «*Dragonfly*» будет построена вдоль Ист-Ривер на южной стороне острова Рузвельта в Нью-Йорке между Манхэттеном и районом Квинс. В данной вертикальной ферме используются экологически безвредные методы органического земледелия, основанного на интенсивном производстве, которое учитывает циклические сезонные изменения. Подобное земледелие, главной целью которого является получение продуктов питания, все более ориентируется на вторичное использование отходов, что позволяет сохранять энергию и возобновляемые ресурсы²⁰.

Конструкция фермы представляет собой двухслойную сотовую структуру, которая максимально использует энергию солнца, собирая зимой теплый воздух в пустотах внешних структур, а также охлаждая пространство путем естественной вентиляции и испарений от растений летом (илл. 6). В дополнение к этой термальной, так называемой «пассивной», системе в проекте «*Dragonfly*» предусмотрено получение энергии от возобновляемых источников²¹. Бионическая башня фермы, как живой организм, является самодостаточной с точки зрения наличия воды, энергии и биоудобрений, так как для непрерывного самообеспечения в процессе производства не происходит материальных потерь и все отходы перерабатываются.

Проект фермы-небоскреба «*Harvest green*» в Ванкувере (компания «*Romses Architects*», Канада, 2009 г.) предполагает размещение в черте города и смешивание нескольких направлений сельскохозяйственного производства в одном здании (выращивание овощей и фруктов, разведение животных и птиц, сбор урожая бобовых и других культур). Это несет положительный синергетический эффект — то, что является отходом в одном блоке, может оказаться питательным составом для другого (илл. 7). Для успешного функционирования системы предусмотрено использование ветровой и солнечной энергии, а для полива растений и прочих нужд будет использоваться дождевая вода, для чего на крыше специально установлен большой резервуар. Основная задача проекта — сокращение выбросов углекислого газа и противодействие изменению климата²².

Концепция получения урожая в городской черте с небольшой площади иллюстрирует способность превращения заброшенной промышленной зоны в площадку фермерских технологий XXI в. Проект «*Вертикальная*



ИЛЛЮСТРАЦИИ

8. Вертикальная ферма (архитектор Ruwan Fernando), Австралия, 2010. URL: <http://www.evolo.us/vertical-farms/#more-3122>

9. Проект «Ecological Skyscraper in Paris» с зелеными террасами на каждом этаже (Франция), 2010 г. (архитектор Jaubert Francois). URL: <http://www.evolo.us/ecological-skyscraper-in-paris-with-green-terraces-in-each-floor/#more-4838>

ПРИМЕЧАНИЯ

²³ Fernando R. Vertical Farms (Australia), 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolo.us/vertical-farms/#more-3122>

²⁴ Francois J. Ecological Skyscraper in Paris with Green Terraces in Each Floor (France), 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolo.us/ecological-skyscraper-in-paris-with-green-terraces-in-each-floor/#more-4838>

²⁵ «Biomorphic Lace Hill» by Forrest Fulton (Alabama), 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolo.us/biomorphic-lace-hill-by-forrest-fulton/#more-3533>



ферма» (австралийский архитектор Рувана Фернандо, 2010 г.) является открытым небоскребом с пятью кластерами из V-образных конструкций для осуществления «вертикального» земледелия. Этот объект размещается в мелких водоемах и для производства использует приливную энергию²³. Форма кластеров обеспечивает максимальный поток солнечного света и интенсивную вентиляцию. Здесь используются ветряные турбины и солнечные батареи для обеспечения основных энергетических потребностей. Идея проекта состоит в том, чтобы создать сеть вертикальных ферм и связать их монорельсами, дорогами и пешеходными мостами (илл. 8).

В дополнение к пищевой роли, городское земледелие решает проблему дальнейшего развития зеленой химии с целью создания биотоплива под названием «топливо второго поколения», которое использует энергию не потребляемых отходов переработки растений. Рассмотренные вертикальные фермы отвечают решению современной задачи создания не только экологически чистого, но и более интенсивного производства в контексте рационального использования городской земли.

2.2. Вертикальные парки. Появившиеся в последнее время объекты новой типологии связаны с решением проблемы включения зеленых насаждений в городскую среду путем размещения их в гипер-башнях. В связи с этим проект небоскреба в Париже «*Ecological Skyscraper in Paris*» (архитектор Jaubert Francois) с зелеными террасами на каждом этаже представляет собой многофункциональный объект с жилыми и спортивными сооружениями на верхних уровнях, а также коммерческими и развлекательными зонами на первых этажах²⁴. Этот небоскреб состоит из двух башен, соединенных вертикальным парком, который начинается на уровне первого этажа и заканчивается на крыше, оборудованной футбольной площадкой. Предлагаемая структура — это переосмысление концепции объекта Дефанс в Париже, но вместо создания необитаемой пустоты архитектор создает вертикальный сад для города. Внутренние озелененные пространства сада распространяются в башни через террасы на каждом уровне (илл. 9).

Проект парка досуга в Ереване «*Biomorphic Lace Hill*» (архитектурная фирма из Алабамы «Форрест Фултон») состоит из структурной решетки, соединяющей город и ландшафт, и напоминает гору. Биоморфный кружевной холм, покрытый региональными растениями, доступен для пешеходов. С его вершины открывается прекрасный вид на гору Арарат в Турции²⁵. Среди многих зеленых элементов в проекте есть водозаборные и очистные сооружения, обеспечивающие орошение всего комплекса. Центр здания полый, чтобы обеспечить солнечный свет каждому пространству и создать эффективную систему охлаждения. Здание будет использоваться для коммерческих, культурных и развлекательных мероприятий (илл. 10).

2.3. Аэростатические объекты мигрирующе-го озеленения городской среды. С целью возврата в город элементов природы используются способы организации вертикального озеленения, так называемые «летающие зеленые сады». Так, для обитателей Пекина предлагается проект летающего парка «*Light Park*» (архитекторы Тинг Ху и Имин Чэнь), который удерживается на воздухе баллоном с гелием и передвигается с помощью пропеллеров, работающих на солнечной энергии (илл. 11). В конструкции летающего небоскреба «Парк света» предусмотрен сбор дождевой воды для полива растений, с помощью которых происходит очищение загрязненного городского воздуха²⁶. На плавающей по воздуху мультиплатформе размещены многофункциональные объекты (спортивные площадки, парки, теплицы, рестораны и выставочные пространства).

С целью улучшения экологии мегаполисов предлагается проект «Летающие сады-медузы» (компания «*Rael San Fratello*»), которые представляют собой летающую платформу для размещения растений, передвигающуюся с помощью заправленных водородом дирижаблей, управление которыми производится дистанционно (илл. 12). Благодаря специальным датчикам сады-медузы в течение дня будут перемещаться по загазованным районам

10. Проект парка досуга «*Biomorphic Lace Hill*», 2010 г. (фирма «*Forrest Fulton*»). URL: <http://www.evolo.us/biomorphic-lace-hill-by-forrest-fulton/#more-3533>

11. Летающий парк «*Light Park Floating Skyscraper*» для обитателей Пекина (архитекторы *Ting Xu* и *Yiming Chen*), 2013 г. URL: https://www.gardener.ru/library/architectural_panorama/page4538.php

12. Летающие сады-медузы (Компания «*Rael San Fratello*»), 2015 г. URL: <http://ecosupport.ru/ecoarchitecture>

ПРИМЕЧАНИЯ

²⁶ *Light Park Floating Skyscraper*, 2013 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gardener.ru/library/architectural_panorama/page4538.php





11

Н.А. Сапрыкина

67

города и проводить в режиме реального времени мониторинг погоды, уровня шума и других экологических показателей.

Уход за растениями производится при возвращении платформы на специальную «базу», где она заправляется топливом.



Формирование архитектурного пространства...

12

Фотогальваническое покрытие летающих платформ позволяет всем приборам объекта работать на солнечной энергии. Летающие сады-медузы, постоянно перемещаясь над городом, могут очищать воздух и доставлять кислород в районы, в которых существует недостаток зелени. Кроме того, летающие сады помимо основной экологической функции также могут использоваться в рекламных целях²⁷.

3. ПАРАДИГМА УСТОЙЧИВОГО ГОРОДСКОГО МЕТАБОЛИЗМА

Город как сложная система метаболических процессов требует глубокого переосмысления их планирования и способов управления. В данном случае возникает необходимость создания новых структур организации и управления современными инструментами и методами. Города при составлении собственной карты ресурсных потоков могут проводить мониторинг данных, которые способствуют озеленению или использованию энергетических источников²⁸.

3.1. Эко-эффективный город. В соответствии с концепцией устойчивости города регионы перейдут от линейной к круговой или замкнутой системе, позволяющей производить существенное количество энергии и материалов из мусора и других отходов. Эко-эффективные города будут меньше воздействовать на окружающую среду, так как смогут значительно сократить залежи мусора, а также снизить потребность в природных ресурсах. Интеграция воды и энергии в городе превращает его в сложную метаболическую систему. Здесь осуществляются процессы жизнедеятельности, в результате которых образуются вещества (твердые и жидкие отходы), приобретающие продуктивную направленность и удовлетворяющие нужды города, в том числе энергетические²⁹.

Органические отходы, вырабатываемые городами, возвращаются в качестве энергии для отопления и охлаждения. Пищевые отходы применяются

²⁷ Летающие сады будущего, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosupport.ru/ecoarchitecture>

²⁸ Kizilova S.A. Aqua-architecture as an autonomous system: metabolic components of the complete ecological cycle // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 135. P. 03019 [1–8].

²⁹ Kurbatova S.M., Aisner L. Yu., Naumkina V.V. Eco-city and Technopolis: Pros & Cons // ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Vol. 962, 2020 [032084]. IOP Publishing. URL: doi:10.1088/1757-899X/962/3/032084.

³⁰ Novikova N.V., Chudinova S.S. Definition of the concept "industrial city" in the sociohistorical sense // Izvestiya of USUE. 2008. No. 3. P. 100–104.

³¹ Cherunova I.V., Kuleshova A.A., Kokuashvili N.B. The study of urban factors in the human comfort system // ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Vol. 962, 2020 [032086]. IOP Publishing. URL: doi:10.1088/1757-899X/962/3/032086.

³² Yurzinov I.L. Eco-town: current status and prospects // Economy. Taxes. Right. 2014. Vol. 6. P. 71–73.

³³ Мулдагалиева Е.О. Эволюция предпосылок понятия «Экополис» в градостроительной теории XX–XXI веков [Электронный ресурс] // Architecture and Modern Information Technologies. 2013. № 2 (23). URL: <https://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/muldagalieva/muldagalieva.pdf>.

³⁴ Marengo S. Ecopolis. 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolo.us/ecopolis/#more-2800>.

для производства биогаза и топлива для транспорта. Кроме того, остатки производства используются для удобрений, а все отходы, которые можно перерабатывать, употребляются повторно (причем опасные отходы отправляются на специальную обработку). Применяется оборудование, позволяющее не накапливать мусор в контейнерах, а отправлять его по специальным трубопроводам с вакуумным эффектом «пылесоса» на мусороперерабатывающую станцию³⁰.

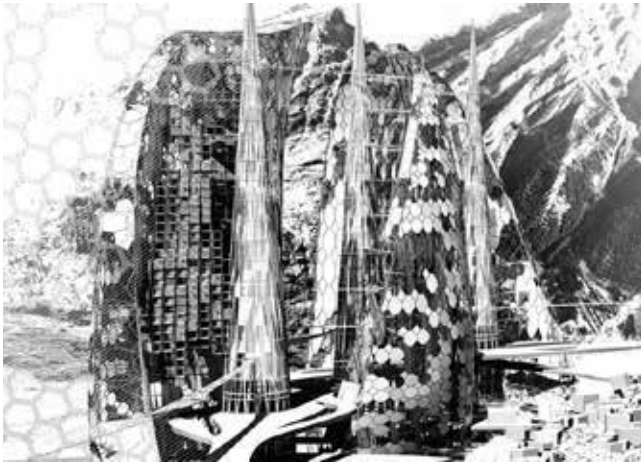
В таких городах дождевая и талая вода обрабатываются на месте. По специальным водостокам вода идет к резервуару с фильтрами для очистки, затем она возвращается в местный водоем. Очищенная вода используется в отопительно-охладительных циклах объектов города. Сточные воды также очищаются и используются для производства удобрений и биогаза, которые затем применяются, не только для нужд транспорта, но и для отопления района. На «зеленых крышах», обеспечивающих дополнительную теплоизоляцию, высаживаются растения, которые собирают и очищают дождевую воду. Солнечные панели, установленные на домах, используются в основном для подогрева воды³¹.

3.2. «Экополисы» как новая интегрированная среда обитания.

Формирование массового движения в защиту природы приводит к дальнейшему распространению той формы мироощущения, которая ассоциируется с понятием «экологическое сознание». В связи с этим конце 70-х гг. прошлого века одновременно в нескольких странах возникает концепция экологического города — «экополиса»³². Такой город рассматривается как среда обитания человека, предоставляющая ему доступную полноту непосредственного общения с природой. Основная задача «экополиса» состоит в том, чтобы свести в каждом городе, независимо от его размера, к минимуму всякое вредное воздействие города на его окружение. В связи с этим его развитие означает стремление к переводу города на «безотходную технологию»³³.

Проект самодостаточного города «Ecopolis» (разработчик Santiago Marengo, 2010) представляет собой глобальный город будущего, основанный на идее разработки набора высокодифференцированных устойчивых пригодных для жилья объемов. Эти первичные единицы организуются жителями в кластеры в соответствии с программой и ее взаимоотношениями с природным миром³⁴. Объект представляет собой модульную конструкцию, которая растет и развивается в соответствии с различными требованиями за определенный период времени (илл. 13).

Фасад города «Ecopolis» оснащен устойчивыми системами, такими как солнечные панели, ветряные турбины и коллекторы для сбора дождевой воды. Внутри структуры для объединения различных пространств между собой предусмотрены площадки с растениями и садами, а также пешеходные мосты и тротуары. Это позволяет безопасно и свободно



13. Проект «Экополис», 2010 г. (разработчик Santiago Marenco). URL: <http://www.evolo.us/ecopolis/#more-2800>

14. Проект города будущего «Hydro-Net» (IwamotoScott Architects, Сан-Франциско), 2009 г. URL: http://www.intelligent.lv/ru/proekt-hydro-net-ekologiceskaja-utopija/83_20041.html

ПРИМЕЧАНИЯ

³⁵ Deyanov E.M., Kharitonova N.A. (2020). Trends in the development of the Smart home system and its integration into modern society // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 976, II International scientific and practical conference «Actual problems of the energy complex: mining, production, transmission, processing and environmental protection» 16-17 April 2020, Moscow, Russian Federation.

³⁶ Проект «HYDRO-NET»: экологическая утопия. 2011 [Электронный ресурс]. URL: http://www.intelligent.lv/ru/proekt-hydro-net-ekologiceskaja-utopija/83_20041.html или <http://www.dezeen.com/2008/02/08/hydro-net-by-iwamotoscott/>

передвигаться обитателям города. Помимо обитаемых жилых пространств в структуре предусмотрены необходимые для обслуживания объекты (магазины, клубы, школы, игровые площадки, учреждения коммунальных услуг и др.).



3.3. Мегалополисы как «экологическая реурбанизация». Согласно экологическому взгляду на формирование комфортного обитания жителей, в процессе устойчивой урбанизации возникает новое качество рукотворной среды, максимально приближенной к естественной среде. Это обуславливает создание нового, гораздо более функционально насыщенного города на территории, которая размером существенно меньше, чем необходимо для воссоздания природного ландшафта. Проекты создания компактного города-мегаструктуры в природе иллюстрируют принцип эффективного землепользования, что дает многократное снижение затрат на освоение территории. Здесь огромные средства экономятся на прокладке инженерных сетей и строительстве систем жизнеобеспечения³⁵.

Примером экологической реурбанизации города с помощью создания отдельных высотных объемов является проект города будущего «Hydro-Net» (архитектурная компания «IwamotoScott Architects», Сан-Франциско, 2009). Он представляет собой сеть подземных «артерий» для сбора, хранения и распределения воды и электроэнергии, использующую существующий водоносный горизонт и геотермальные источники (илл. 14).

В экологическом городе плантации водорослей будут производить водород, а стенки каналов будут выполнены из пористого углерода, который будет накапливать и рассредоточивать выработанный водорослями водород, используемый как топливо для специальных устройств, передвигающихся по системе подземных туннелей. Водородное топливо, производимое водорослями, будет храниться и распределяться в нанотрубках внутри стен зданий. Это позволит использовать его для поддержания систем жизнеобеспечения зданий, а также автопарка будущего города. Полноценная городская система включает новейшие разработки в области технологий озеленения городов, уловители влаги из воздуха и другие инновационные технологии наряду с уникальным микроклиматом и геологическими характеристиками Сан-Франциско³⁶.

Проблема повышения уровня моря, затрагивающая многие прибрежные мегалополисы, обуславливает строительство вертикальных городов. Это является ключом к спасению не только для населения прибрежных районов, но и для человеческой цивилизации в целом, поскольку вертикальная урбанизация — это единственный способ спасти города от разрастания по горизонтали.

Решением этой проблемы может служить идея устойчивого вертикального города «Проект 1111» (авторы Ф. Никандров, С. Кухарский, А. Муравьев, И. Мыльников, В. Замула, В. Травуш), высотой более чем 300 этажей, вмещающих пятнадцать 20-этажных ярусов с висячими садами и парками. В отличие от многих футуристических концепций, он

является первым вертикальным городом, спроектированным для многолетнего поэтапного возведения. Процесс эксплуатации начинается и происходит, не дожидаясь окончательного завершения строительства. Безопасное и устойчивое функционирование нижних ярусов осуществляется наряду с продолжением работ на верхних уровнях благодаря использованию спиральной конструкции и простой технологии линейного развития строительства объекта³⁷.

Устойчивый вертикальный город генерирует достаточную мощность с помощью ветровых турбин, установленных регулярно между зданиями. Их воронкообразная структура позволяет в верхних вертикально отклоняющихся зонах образовывать ветровые потоки и собирать дождевую воду для жителей (илл. 15). Наклонные многоэтажные лифты города соединяют все ярусы со скоростными массовыми транзитными станциями и вертодромами для беспилотных летательных аппаратов и вертолетов.

15. Устойчивый вертикальный город «Проект 1111» (Россия), 2018. (авторы Ф. Никандров, С. Кухарский, А. Муравьев, И. Мильников, В. Замула, В. Травуш). URL: <http://www.evolu.us/project-1111-sustainable-vertical-city/#more-36173>

ПРИМЕЧАНИЯ

³⁷ Project 1111: Sustainable Vertical City (Russia). 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolu.us/project-1111-sustainable-vertical-city/#more-36173>

³⁸ Там же.



В вертикальном городе существует возможность перемещаться снизу вверх по спиральному линейному парку, который может использоваться обитателями при организации пешего или велосипедного туризма³⁸.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования экологические концепции формирования архитектурного пространства как новая парадигма обитания в настоящем обзоре выявлены в контексте следующих рассмотренных в статье направленностей.

1. *Экопозитивные концепции формирования инновационных архитектурных объектов.* Рассмотрены биофилические направления развития архитектуры с приоритетной задачей вернуть и сохранить баланс между урбанизированной и природной средой, которые проявляются в антропоцентрических и технократических концепциях. Представленные проектные предложения энергоактивных зданий предусматривают использование устройств, способных улавливать, преобразовывать и передавать в энергосистему объекта энергию возобновляемых источников (солнечную, ветровую, гидро- и геотермальную, биохимическую и др.).

Биоэнергоактивные объекты как интегрированная самоорганизующаяся экологическая система направлены на создание высокоэффективной и экономичной инфраструктуры обслуживания, максимально отвечающей потребностям пользователей и владельцев здания на основе применения компьютерных технологий. *Фотосинтетические города* как позитивная тенденция включения в планирование городской среды «зеленой инфраструктуры» путем использования процесса фотосинтеза позволит заменить полезные ископаемые и принесет существенные экологические преимущества.

2. *Органическое земледелие как реабилитация городского пространства.* В контексте экологических перемен и пищевой автономии в мегаполисах происходит развитие «городского» сельского хозяйства с целью вторичного использования отходов, что позволяет сохранять энергию и возобновляемые ресурсы. Такой подход может быть интегрирован в экологически устойчивые урбанистические и региональные проекты по реабилитации земли, что позволит интенсивно использовать возможности городского пространства.

Рассмотренные прецеденты городского фермерства — вертикальные фермы — отвечают решению современной задачи создания не только экологически чистого, но и более интенсивного производства в контексте рационального использования городской земли и регионального производства еды. Помимо достижения пищевой самодостаточности в городах возникают вертикальные парки как объекты новой типологии,

которые связаны с решением проблемы включения зеленых насаждений в городскую среду. С целью возврата в город элементов природы происходит создание аэростатических объектов *мигрирующего озеленения* городской среды, так называемые «летающие зеленые сады». Такие объекты работают на солнечной энергии и, постоянно перемещаясь над городом, могут очищать воздух и доставлять кислород в районы, в которых существует недостаток зелени.

3. *Парадигма устойчивого городского метаболизма*. Необходимость создания структур управления и организации современного города требует новых инструментов планирования и методов составления собственной карты ресурсных потоков. Это позволит проводить мониторинг данных, которые способствуют озеленению или использованию энергетических источников в городе, что превращает его в сложную метаболическую систему.

Эко-эффективный город соответствует концепции, позволяющей производить в нем существенное количество энергии и материалов из мусора и других отходов, что будет минимизировать воздействие на окружающую среду. Органические отходы, вырабатываемые эко-эффективными городами, возвращаются в качестве энергии для обогрева и охлаждения.

«*Экополисы*» как новая интегрированная среда обитания рассматриваются как среда обитания человека, предоставляющая ему доступную полноту непосредственного общения с природой. Основная задача «экополиса» — свести в каждом городе, независимо от его размера, к минимуму всякое вредное воздействие города на его окружение и потому его развитие означает стремление к переводу города на «безотходную технологию».

Такая концепция *мегаполисов*, как «*экологическая реурбанизация*», связана с созданием функционально насыщенного города на территории, которая размером существенно меньше, чем необходимо для воссоздания природного ландшафта. Проекты создания компактного города-мегаструктуры в природе иллюстрируют принцип эффективного землепользования. Это дает многократное снижение затрат на освоение территории, так как колоссальные средства экономятся на прокладке инженерных сетей и строительстве систем жизнеобеспечения.

Таким образом, применение экологических принципов в архитектуре создает новый архитектурный язык, который основан на сочетании высоких технологий и новых материалов с учетом опыта традиционного строительства. Основными чертами этого языка являются: автономность от городских инфраструктур, использование информационных технологий и экологически чистых материалов, принципы энергосбережения и саморегуляции, высокая комфортность среды обитания, использование и изучение природных форм и процессов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вертикальная ферма «Dragonfly», 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tech-life.org/articles/63-dragonfly.html> (дата обращения: 01.10.2021).
2. Летающие сады будущего, 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecosupport.ru/ecoarchitecture> (дата обращения: 05.10.2021).
3. Мулдагалиева Е.О. Эволюция предпосылок понятия «Экополис» в градостроительной теории XX–XXI веков [Электронный ресурс] // Architecture and Modern Information Technologies. 2013. №2 (23). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/muldagalieva/muldagalieva.pdf> (дата обращения: 08.10.2021).
4. Проект «HYDRO-NET»: экологическая утопия. 2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.intelligent.lv/ru/proekt-hydro-net-ekologiceskaja-utorija/83_20041.html (дата обращения: 10.10.2021).
5. Сапрыкина Н.А. Формирование эко-устойчивой среды обитания будущего: Теория. Практика. Перспективы // Palmarium Academic Publishing. Saarbrücken (Германия), 2017. 232 с.
6. Солнечная энергия от искусственных лилий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecotechblog.ru/news/iskusstvennye-lilii-dlya-polucheniya-so/> (дата обращения: 05.10.2021).
7. Чино М. Башня Чистых Технологий. 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://inhabitat.com/smooth-operator-the-clean-technology-tower/> (дата обращения: 01.10.2021).
8. Эко-стадион на солнечной энергии в Тайване [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://techvesti.ru/node/1058> (дата обращения: 08.10.2021)
9. Энергоактивные здания: сб. науч. ст. / под ред. Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова. М.: Стройиздат, 1988. 327 с.
10. «Biomorphic Lace Hill» by Forrest Fulton (Alabama), 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evolo.us/biomorphic-lace-hill-by-forrest-fulton/#more-3533> (дата обращения: 10.10.2021).
11. «Harvest green» project farm in Vancouver (Romses Architects Concept) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.novate.ru/blogs/070509/11991/> (дата обращения: 05.10.2021).
12. Belash E. Sustainable development as a trigger for new architectural and spatial solutions // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 135 (03020). P. 1–8.
13. Brooks A., Rich H. Sustainable construction and socio-technical transitions in London's mega-projects // Geographical Journal. 2016. Vol. 182 (4). P. 395–405.
14. Cherunova I.V., Kuleshova A.A., Kokuashvili N.B. The study of urban factors in the human comfort system [Электронный ресурс] // ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Vol. 962, 2020 (032086). IOP

Publishing. Режим доступа: doi:10.1088/1757-899X/962/3/032086 (дата обращения: 01.10.2021).

15. *Deyanov E.M., Kharitonova N.A.* (2020). Trends in the development of the Smart home system and its integration into modern society // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 976, II International scientific and practical conference «Actual problems of the energy complex: mining, production, transmission, processing and environmental protection» 16-17 April 2020, Moscow, Russian Federation.
16. Dragonfly Vertical Farm, 2012 (USA) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/vertikalnaja-ferma-strekoza-dragonfly-nyu-iork-ssha.html> (дата обращения: 08.10.2021).
17. *Efimenko D.* Modelling of alliance networks in innovation ecosystem // CEUR Workshop Proceedings 5th International Conference on Actual Problems of System and Software Engineering, APSSE 2017. National Research University “Higher School of Economics” Moscow, Russian Federation. Vol. 1989, November 2017 (131890)
18. *Fauth R., Schwarz J., Bullesbach J.* Development of a procedure to assess the sustainability of existing buildings — Sustainability in real estate asset management and property management // Bautechnik. 2016. Vol. 93 (6). P. 366–370.
19. *Fernando R.* Vertical Farms (Australia), 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evolo.us/vertical-farms/#more-3122> (дата обращения: 05.10.2021).
20. *Finaeva O.* Factors determining modern architectural space [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 451, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018) 26–28 September 2018, South Ural State University, Russian Federation. Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/451/1/012151> (дата обращения: 10.10.2021).
21. *Francois J.* Ecological Skyscraper in Paris with Green Terraces in Each Floor (France), 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evolo.us/ecological-skyscraper-in-paris-with-green-terraces-in-each-floor/#more-4838> (дата обращения: 08.10.2021).
22. *Gasanov M.A., Kolotov K.A., Demidenko K.A., Podgornaya E.A., Kadnikova O.V.* Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions [Электронный ресурс] // IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 50 (2017) 012025. Режим доступа: doi:10.1088/1755-1315/50/1/012025 (дата обращения: 10.10.2021).
23. *Glynski S.* Ecological Wall Created with Organic Waste Containers (Poland), 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.evolo.us/ecological-wall-created-with-organic-waste-containers/> (дата обращения: 05.10.2021).

24. *Heatherwick T.A.* Teesside Power Station // Heatherwick Studio (United Kingdom), 2009 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.evolo.us/teesside-power-station-heatherwick-studio/> (дата обращения: 01.10.2021).
25. *Kasyanov N.* Research on the Similarities of Morphogenesis in Architecture and Nature [Электронный ресурс] // Proceedings of the 2nd International Conference on Architecture: Heritage, Traditions and Innovations (АНТИ 2020) / Series: Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Режим доступа: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200923.045> (дата обращения: 08.10.2021.)
26. *Kizilova S.A.* Aqua-architecture as an autonomous system: metabolic components of the complete ecological cycle // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 135. P. 03019 (1–8).
27. *Kurbatova S.M., Aisner L.Yu., Naumkina V.V.* Eco-city and Technopolis: Pros & Cons [Электронный ресурс] // ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Vol. 962, 2020 (032084). IOP Publishing. Режим доступа: [doi:10.1088/1757-899X/962/3/032084](https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/3/032084) (дата обращения: 09.10.2021).
28. Light Park Floating Skyscraper, 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gardener.ru/library/architectural_panorama/page4538.php (дата обращения: 10.10.2021).
29. *Makarskaya T.V.* Sustainable architecture — eco-humanitarian challenge of civilization // Abstracts International Symposium “Sustainable architecture: present and future”. Moscow, 2011. P. 75–83.
30. *Marengo S.* Ecopolis. 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evolo.us/ecopolis/#more-2800> (дата обращения: 05.10.2021).
31. *Novikova N.V., Chudinova S.S.* Definition of the concept “industrial city” in the sociohistorical sense // Izvestiya of USUE. 2008. No. 3. P. 100–104.
32. *Porfiriev B.N., Dmitriev A., Vladimirov I., Tsygankova A.* Sustainable development planning and green construction for building resilient cities: Russian experiences within the international context // Environmental Hazards. Vol. 16, Issue 2, 3 April 2017. P. 165–179.
33. Project 1111: Sustainable Vertical City (Russia). 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evolo.us/project-1111-sustainable-vertical-city/#more-36173> (дата обращения: 01.10.2021).
34. *Saprykina N.A.* Forecasting technology as a method of modeling and building Smart City concept [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 365, Smart City. (2018) 022068. Режим доступа: [doi:10.1088/1757-899X/365/2/022068](https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022068) (дата обращения: 08.10.2021).
35. *Saprykina N.A.* Innovative Tricks of Adaptations the Architectural Objects as Alternative Ecosystem [Электронный ресурс] // International science and technology conference “FarEastCon-2019” IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753 (2020) 032003 IOP Publishing; Режим доступа: [doi:10.1088/1757-899X/753/3/032003](https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/3/032003) (дата обращения: 10.10.2021).

36. Saprykina N.A. Sustainable development of spatial habitat Environment as a challenge to civilization [Электронный ресурс] // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 463 (2018) 022052 IOP Publishing
Режим доступа: doi:10.1088/1757-899X/463/2/022052 (дата обращения: 05.10.2021).
37. Yurzinov I.L. Eco-town: current status and prospects // Economy. Taxes. Right. 2014. Vol. 6. P. 71–73.

REFERENCES

1. Vertikal'naya ferma «Dragonfly», 2012 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.tech-life.org/articles/63-dragonfly.html> (data obrashcheniya: 01.10.2021).
2. Letayushchie sady budushchego, 2015 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://ecosupport.ru/ecoarchitecture> (data obrashcheniya: 05.10.2021).
3. Muldagalieva E.O. Evolyutsiya predposylok ponyatiya «Ekopolis» v gradostroitel'noi teorii XX–XXI vekov [Elektronnyi resurs] // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2013. No. 2 (23). Rezhim dostupa: <https://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/muldagalieva/muldagalieva.pdf> (data obrashcheniya: 08.10.2021).
4. Proekt «HYDRO-NET»: ekologicheskaya utopiya. 2011 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: http://www.intelligent.lv/ru/proekt-hydro-net-ekologiceskaja-utopiya/83_20041.html (data obrashcheniya: 10.10.2021).
5. Saprykina N.A. *Formirovanie eko-ustoichivoi sredy obitaniya budushchego: Teoriya. Praktika. Perspektivy* // Palmarium Academic Publishing. Saarbrücken (Germaniya), 2017. 232 p.
6. Solnechnaya energiya ot iskusstvennykh lilii [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://ecotechblog.ru/news/iskusstvennyie-lilii-dlya-polucheniya-so/> (data obrashcheniya: 05.10.2021).
7. Chino M. *Bashnya Chistykh Tekhnologii*. 2008 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://inhabitat.com/smooth-operator-the-clean-technology-tower/> (data obrashcheniya: 01.10.2021).
8. Eko-stadion na solnechnoi energii v Taivane [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://techvesti.ru/node/1058> (data obrashcheniya: 08.10.2021).
9. *Energoaktivnye zdaniya* : sb. nauch. st. / pod red. E.V. Sarnatskogo i N.P. Selivanova. Moscow: Stroizdat, 1988. 327 p.
10. «Biomorphic Lace Hill» by Forrest Fulton (Alabama), 2010 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evolo.us/biomorphic-lace-hill-by-forrest-fulton/#more-3533> (data obrashcheniya: 10.10.2021).

11. «Harvest green» project farm in Vancouver (Romses Architects Concept) [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.novate.ru/blogs/070509/11991/> (data obrashcheniya: 05.10.2021).
12. Belash E. Sustainable development as a trigger for new architectural and spatial solutions // *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 135 (03020). P. 1–8.
13. Brooks A., Rich H. Sustainable construction and socio-technical transitions in London's mega-projects // *Geographical Journal*. 2016. Vol. 182 (4). P. 395–405.
14. Cherunova I.V., Kuleshova A.A., Kokuashvili N.B. The study of urban factors in the human comfort system [Elektronnyi resurs] // *ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 962, 2020 (032086). IOP Publishing. Rezhim dostupa: doi:10.1088/1757-899X/962/3/032086 (data obrashcheniya: 01.10.2021).
15. Deyanov E.M., Kharitonova N.A. (2020). Trends in the development of the Smart home system and its integration into modern society // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 976, II International scientific and practical conference «Actual problems of the energy complex: mining, production, transmission, processing and environmental protection» 16-17 April 2020, Moscow, Russian Federation.
16. Dragonfly Vertical Farm, 2012 (USA) [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/vertikalnaja-ferma-strekoza-dragonfly-nyu-iork-ssha.html> (data obrashcheniya: 08.10.221).
17. Efimenko D. Modelling of alliance networks in innovation ecosystem // *CEUR Workshop Proceedings 5th International Conference on Actual Problems of System and Software Engineering, APSSE 2017*. National Research University “Higher School of Economics” Moscow, Russian Federation. Vol. 1989, November 2017 (131890)
18. Fauth R., Schwarz J., Bullesbach J. Development of a procedure to assess the sustainability of existing buildings — Sustainability in real estate asset management and property management // *Bautechnik*. 2016. Vol. 93 (6). P. 366–370.
19. Fernando R. Vertical Farms (Australia), 2010 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evolo.us/vertical-farms/#more-3122> (data obrashcheniya: 05.10.20.21).
20. Finaeva O. Factors determining modern architectural space [Elektronnyi resurs] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 451, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018) 26–28 September 2018, South Ural State University, Russian Federation. Rezhim dostupa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/451/1/012151> (data obrashcheniya: 10.10.2021).
21. Francois J. *Ecological Skyscraper in Paris with Green Terraces in Each Floor (France)*, 2010 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evolo.us/>

ecological-skyscraper-in-paris-with-green-terraces-in-each-floor/#more-4838 (data obrashcheniya: 08.10.2021).

22. Gasanov M.A., Kolotov K.A., Demidenko K.A., Podgornaya E.A., Kadnikova O.V. Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions [Elektronnyi resurs] // *IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 50 (2017) 012025. Rezhim dostupa: doi:10.1088/1755-1315/50/1/012025 (data obrashcheniya: 10.10.2021).
23. Glynski S. *Ecological Wall Created with Organic Waste Containers (Poland)*, 2010 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.evolo.us/ecological-wall-created-with-organic-waste-containers/> (data obrashcheniya: 05.10.2021).
24. Heatherwick T.A. *Teesside Power Station* // *Heatherwick Studio* (United Kingdom), 2009 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.evolo.us/teesside-power-station-heatherwick-studio/> (data obrashcheniya: 01.10.2021).
25. Kasyanov N. Research on the Similarities of Morphogenesis in Architecture and Nature [Elektronnyi resurs] // *Proceedings of the 2nd International Conference on Architecture: Heritage, Traditions and Innovations (AHTI 2020)* / Series: Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200923.045> (data obrashcheniya: 08.10.2021).
26. Kizilova S.A. Aqua-architecture as an autonomous system: metabolic components of the complete ecological cycle // *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 135. P. 03019 (1–8).
27. Kurbatova S.M., Aisner L.Yu., Naumkina V.V. Eco-city and Technopolis: Pros & Cons [Elektronnyi resurs] // *ICCATS 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 962, 2020 (032084). IOP Publishing. Rezhim dostupa: doi:10.1088/1757-899X/962/3/032084 (data obrashcheniya: 09.10.2021).
28. *Light Park Floating Skyscraper*, 2013 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://www.gardener.ru/library/architectural_panorama/page4538.php (data obrashcheniya: 10.10.2021).
29. Makarskaya T.V. Sustainable architecture — eco-humanitarian challenge of civilization // *Abstracts International Symposium "Sustainable architecture: present and future"*. Moscow, 2011. P. 75–83.
30. Marengo S. *Ecopolis*. 2010 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evolo.us/ecopolis/#more-2800> (data obrashcheniya: 05.10.2021).
31. Novikova N.V., Chudinova S.S. Definition of the concept "industrial city" in the sociohistorical sense // *Izvestiya of USUE*. 2008. No. 3. P. 100–104.
32. Porfiriev B.N., Dmitriev A., Vladimirov I., Tsygankova A. Sustainable development planning and green construction for building resilient cities: Russian experiences within the international context // *Environmental Hazards*. Vol. 16, Issue 2, 3 April 2017. P. 165–179.
33. Project 1111: Sustainable Vertical City (Russia). 2018 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evolo.us/project-1111-sustainable-vertical-city/#more-36173> (data obrashcheniya: 01.10.2021).

34. Saprykina N.A. Forecasting technology as a method of modeling and building Smart City concept [Elektronnyi resurs] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 365, Smart City. (2018) 022068. Rezhim dostupa: doi:10.1088/1757-899X/365/2/022068 (data obrashcheniya: 08.10.2021).
35. Saprykina N.A. Innovative Tricks of Adaptations the Architectural Objects as Alternative Ecosystem [Elektronnyi resurs] // *International science and technology conference "FarEastCon-2019" IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 753 (2020) 032003 IOP Publishing; Rezhim dostupa: doi:10.1088/1757-899X/753/3/032003 (data obrashcheniya: 10.10.2021).
36. Saprykina N.A. Sustainable development of spatial habitat Environment as a challenge to civilization [Elektronnyi resurs] // *International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 463 (2018) 022052 IOP Publishing Rezhim dostupa: doi:10.1088/1757-899X/463/2/022052 (data obrashcheniya: 05.10.2021).
37. Yurzinov I.L. Eco-town: current status and prospects // *Economy. Taxes. Right*. 2014. Vol. 6. P. 71–73.