

## ЗАРУБЕЖНАЯ АРХИТЕКТУРНАЯ ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭКОЛОГИЧНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ

Рассмотрены различные реализованные проекты жилых комплексов, использующие в качестве основной особенности архитектурно-экологический подход к проектированию. Выявлены характеристики экологических жилых комплексов средней этажности в разных странах.

В рамках исследования аспектов архитектурно-экологического формирования жилых комплексов средней этажности для Челябинской области, были выбраны только те жилые комплексы, которые располагаются в странах более близких к Уральскому региону по природно-климатическим условиям. В частности, был проведён анализ общего уровня инсоляции и ветровой нагрузки территории в различных странах и в Челябинской области.

Приведены результаты проведённого анализа, выявлены архитектурно-экологические приёмы формирования жилых комплексов средней этажности. Было рассмотрено более двадцати различных зарубежных экологических жилых комплексов, в данной научной публикации были отмечены комплексы, представляющие собой наиболее целостную структуру. В современной практике проектирования энергоэффективных зданий и экологических комплексов необходимо учитывать не только повышенный уровень теплозащиты конструкций, использование возобновляемых источников энергии и другие экологические приёмы, но и максимальную эффективность соотношения плотности и этажности застройки, а также рациональное размещение коммерческих пространств. Выявлено, что формирование трассировки улиц, застройки кварталов и общественных пространств на основе вышеперечисленных параметров также влияет на глобальное ресурсосбережение и комфорт городской среды. Поэтому факторы формообразования экологической архитектуры можно обобщить в несколько групп: социальные, природно-климатические, градостроительные, объёмно-планировочные и инженерные.

Дальнейшая исследовательская работа по данному направлению предполагает анализ отечественной архитектурной практики проектирования экологических жилых комплексов, выявление актуальных тенденций экологической архитектуры, разработку архитектурно-экологической типологии жилых зданий и комплексов, а также систематизацию архитектурных принципов планировочной структуры и объёмно-пространственных решений жилых зданий экологического комплекса с учетом полученных результатов исследования.

**Ключевые слова:** экологическая архитектура, архитектурное проектирование, жилой комплекс средней этажности, мировая архитектурная практика, зарубежный опыт проектирования, архитектурно-экологическое формирование.

## FOREIGN ARCHITECTURAL DESIGNING PRACTICE, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF ECOLOGICAL RESIDENTIAL MIDDLE-RISE COMPLEXES

*Various realized projects of residential complexes using the architectural-ecological approach to design as the main features were investigated. The characteristics of environmentally friendly residential complexes of average number of storeys in different countries are revealed.*

*In the framework of the study of the aspects of the architectural and environmental formation of medium-rise residential complexes for the Chelyabinsk region, only those residential complexes were selected that are located in countries closer to the Ural region by natural and climatic conditions. In particular, an analysis of the level of insolation and wind load of the territory in various countries and in the Chelyabinsk region was carried out.*

*This scientific publication presents the results of the analysis, reveals the architectural and environmental techniques for the formation of residential complexes of average number of storeys. More than twenty different foreign eco-friendly residential complexes were considered; in this scientific publication, complexes representing the most integral structure were noted. In modern practice of designing energy-efficient buildings and environmentally friendly complexes, it is necessary to take into account not only an increased level of thermal protection of structures, the use of renewable energy sources and other environmental practices, but also the maximum efficiency of the ratio of density and number of storeys of buildings, as well as the rational placement of commercial spaces. It was revealed that the formation of street tracing, development of neighborhoods and public spaces based on the above parameters also affects the global resource conservation and comfort of the urban environment. Therefore, the factors of the formation of ecological architecture can be generalized into several groups: social, climatic, urban planning, architectural planning and engineering.*

*Further research in this area involves the analysis of domestic architectural practice of designing environmentally friendly residential complexes. As well as the identification of current trends in green architecture, the development of architectural and ecological typology of residential buildings and complexes. Systematization of architectural principles of the planning structure and spatial and spatial solutions of residential buildings of an environmentally friendly complex, taking into account the research results.*

**Keywords:** *eco-friendly architecture, architectural design, a mid-rise residential complex, world architectural practice, foreign design experience, architectural and environmental formation.*

Экологическая архитектура, как новая категория в архитектурной практике, начала своё развитие с появления первых энергоэффективных архитектурных объектов. Этому способствовал Мировой энергетический конгресс после мирового энергетического кризиса 1970-х годов. Конгресс МИРЭС, аккредитованный ООН по проблемам энергетики, каждые три года с 1924 предлагает глобальному сообществу стратегический диалог о важных проблемах энергетической отрасли

и смежных сферах деятельности. В октябре 2022 года 25-й Мировой энергетический конгресс пройдёт впервые в России в Санкт-Петербурге. Отечественные современные здания обладают достаточным потенциалом для повышения их тепловой эффективности, что может существенно повлиять на энергетику РФ. Поэтому актуальность избранной темы определяется необходимостью разработки научно обоснованных рекомендаций и теоретической модели по архитектурно-эколо-

гическому формированию энергоэффективного жилого комплекса средней этажности на основе анализа мировой архитектурной практики проектирования и реализации жилых комплексов средней этажности.

Выделяются три стадии развития архитектурно-экологической практики в зарубежных странах.

Первый этап. 1970-е годы – интенсивное исследование теплотехнических характеристик архитектурных объектов (сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций, коэффициент солнцезащиты окон, соотношение площади ограждающих конструкций к суммарной площади светопропускных ограждений). В этот период на архитектурный облик зданий не оказывают особого влияния инженерные системы и энергоустановки возобновляемых источников энергии. В 1972 году в США (штат Нью-Хэмпшир, Манчестер) был реализован проект первого энергоэффективного здания (арх. Н. Исаак и Э. Исаак). На самом раннем этапе проектирования учет энергопотребления по всем аспектам здания повлиял на формообразование и ориентацию здания, оптимизацию ветрового воздействия, повышению теплозащиты и теплоаккумуляционной способности наружных ограждающих конструкций, на размещение теплоизоляционного слоя, уменьшение площади остекления и использованию солнцезащиты, а также на тепло солнечной радиации в системе теплоснабжения здания (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид первого в мире демонстрационного энергоэффективного здания, арх. Н. Исаак и Э. Исаак (Манчестер, Нью-Хэмпшир, США)

Второй этап. Конец 1990-х – 2000-е годы. Аспекты энергетической эффективности начинают изменять и формировать архитектурный образ здания. Объект становится совокупностью высокотехнологичных энер-

гоактивных систем и качественных современных на тот период конструкций. Первый проект энергоактивного многоквартирного жилого дома – «Гелиотроп» в Германии (Фрайбург) был создан в 1994 году (арх. Р. Диш). Основная особенность здания – это кинетическая конструкция, которая вращает здание в зависимости от направления солнца. Энергия обеспечивается сверх потребления фотогальванической установкой на крыше площадью 54 м<sup>2</sup>. Дом собран из модульных конструкций, главный материал – дерево. Экологические принципы повлияли на архитектуру следующим образом: различные технологии используются в разных частях здания, в зависимости от их функциональности. Одна сторона цилиндрического здания имеет усиленную теплоизоляцию, а другая – тройное остекление с пониженной теплопроводностью. Геотермальные теплообменники, блочная мини-ТЭЦ, система вентиляции с рекуперацией тепла, низкотемпературное лучистое отопление пола и потолка, система сбора дождевой воды, с ее повторным использованием нашли отражение в архитектуре здания и в результате этого объект имеет нейтральный уровень эмиссии углерода в атмосферу (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид первого в мире здания, производящего энергию сверх потребления – жилой дом «Гелиотроп», арх. Р. Диш (г. Фрайбург, Германия)

Третий этап. Современный этап – 2010-2020 годы. Энергоэффективные технологии и архитектурно-экологические принципы проектирования представляют собой единую эко-систему в архитектурном объек-

те. Концепция экологической архитектуры заключается в том, что качество жизни непосредственным образом зависит от окружающей среды. Выделяются социальные и градостроительные аспекты экологической архитектуры. И это является признаком, что архитектура и строительство развиваются, исходя из непрерывно меняющихся потребностей людей. Эта концепция ярко выражена в проектах экологических жилых комплексов, рассмотренных в рамках анализа мировой архитектурной практики проектирования объекта исследования.

В результате анализа экологических жилых комплексов в различных странах были выделены характеристики объектов, а также особенности применения энергоэффективных и энергоактивных решений в структуре зданий жилых комплексов. Исследованы градостроительные аспекты формирования зданий в единый жилой комплекс. В статье отмечены три наиболее выдающихся объекта.

Проект, реализованный по инициативе Технологического университета Хельсинки для научных экспериментов, стал демонстрационным жилым районом Есо-Viikki, общие характеристики которого представлены в таблице 1.

Цель проекта выявление эффективности энергосберегающих технологий в реальных условиях во взаимосвязи с экологическими и социальными аспектами (рис. 3)



Рис. 3. Жилой комплекс Есо-Viikki: а – общий вид комплекса, б – общий вид жилых зданий, на фасадах которых расположены полупрозрачные фотоэлектрические системы

Таблица 1

Расположение	Хельсинки, Финляндия
Проектная команда	Архитекторы-исследователи под руководством Технологического университета Хельсинки
Разработка и реализация	2001–2004 гг.
Площадь участка	1,132 га
Функциональное наполнение	Жилая застройка, офисы, образование, объекты социальной инфраструктуры, парки.
Тип территории	Экспериментальный жилой район

Этот посёлок характеризуется следующими особенностями:

- ориентация зданий позволяет использовать по максимуму солнечное тепло. при этом используется широтное расположение (рис. 4);
- улучшена защита от ветровой нагрузки;
- материалы ограждающих конструкций обеспечивают эффективную теплоизоляцию;
- для отопления полов используется тепло обратной воды системы теплоснабжения с приборами учета и регулирования;
- вентиляция используется индивидуальная механическая, с рекуперацией теплоты. предусмотрена утилизация теплоты удаляемого воздуха;
- осуществляется сбор дождевой воды. воды, уходящие в сток, подвергаются очистке и вторично используются;
- использование альтернативной энергии представлено солнечными коллекторами, обеспечивающими нагрев горячей воды;
- на фасадах некоторых зданий смонтированы фотоэлектрические панели (рис. 3).



Рис. 4. Схема архитектурно-планировочного решения жилого комплекса Есо-Viikki

Следующий рассматриваемый жилой комплекс – проект Vo01, характеристика которого представлена в таблице 2. Этот район Мальме задумывался как жилой вблизи исторического центра города, на месте бывших портовых зон в Западной Гавани (рис. 5).

Архитектурно-экологические особенности жилого комплекса.

Размер кварталов и уличная трассировка обусловлены климатическими особенностями территории и приоритетом пешеходных перемещений. Сильные ветра со стороны моря, вдоль западной и восточной сторон спроектированы кварталы с более высокими зданиями.



Рис. 5. Жилой комплекс Vo01: а – общий вид комплекса, б – общий вид жилых зданий с фотоэлектрическими системами

Таблица 2

Расположение	Мальме, Швеция
Проектная команда	Klas Tham, городской департамент развития недвижимости, с участием более 20 девелоперов
Разработка и реализация	2001–2011 гг.
Площадь участка	18 га
Функциональное наполнение	Жилая застройка, офисы, ретейл, объекты социальной инфраструктуры
Тип территории	Территория реорганизации

В центральной части создавались мелко-масштабные кварталы вытянутой формы, их цель – обеспечить приоритет велосипедных и пешеходных перемещений (рис. 6).

В отдельно стоящей многоэтажной парковке сконцентрировано большинство парковочных мест.

Концепция экологических зданий заключается в применении незаметных технических решений. В окнах установлены тройные стеклопакеты с теплоотражающим внутренним покрытием.

Утепление стен имеет высокую эффективность за счёт дополнительного теплоизоляционного слоя и вентилируемых фасадов.

Теплый воздух экстрагируется из помещений по змеевикам вентиляционных труб на чердаке. Они обвивают трубы, через которые поступает снаружи свежий холодный воздух, и нагревают его. Это позволило до 10 раз сократить расходы на отопление.

Районная теплоцентраль работает не на ископаемом топливе, а на ветровой энергии, преобразуемой в электрическую ветроэнергостановками.



Рис. 6. Схема архитектурно-планировочного решения жилого комплекса Vo01

Экологический жилой комплекс Vauban размещен на территории бывшей французской военной базы, характеристика представлена в таблице 3. При создании концепции главным условием была идея устойчивого развития (рис. 7).

Концепция устойчивого развития повлияла как на градостроительные решения района, так и на архитектурные решения зданий.

Особенности рельефа местности повлияли



Рис. 7. Жилой комплекс Vauban: а – общий вид комплекса; б – общий вид жилого здания с фотоэлектрическими системами

чены несколько петлеобразных и тупиковых улиц, ограничивающих возможность транзитного проезда по району на автомобиле. Ограничение транзитного проезда через район способствует снижению загрязнения воздуха выбросами выхлопных газов.

Высотность большей части зданий комплекса – средней этажности и не превышает 4–5 этажей.

Район состоит главным образом из пронизаемых кварталов, сформированных строчной блокированной застройкой. Внутриквартальные пространства заняты садами, как правило, открытыми для общего пользования и имеющими свободный доступ с улицы (рис 8).

У района есть собственная когенерационная электростанция, работающая на биогазе с рекордным КПД для этого вида – 96%.



Рис. 8. Схема архитектурно-планировочного решения жилого комплекса Vauban

Таблица 3

Расположение	Фрайбург, Германия
Проектная команда	Forum Vauban и Kohlhoff & Kohlhoff Architects
Разработка и реализация	1993–2006 гг.
Площадь участка	41 га
Функциональное наполнение	Жилая застройка, элементы социальной и коммерческой инфраструктуры, жилье для студентов
Тип территории	Территория реорганизации

яли на устройство общественных пространств, которые спроектированы с обеспечением непрерывного природного каркаса. Все большие деревья при строительстве были сохранены.

Большинство улиц представляет собой непрерывную ортогональную сетку, позволяющую максимально быстро перемещаться по району пешком или на велосипеде.

Приняты экологичные решения по водоотведению. К новой застройке предъявлялись максимальные требования по энергоэффективности.

Для движения автотранспорта предназна-

### Заключение

В современной практике проектирования и реализации энергоэффективных зданий и экологических комплексов необходимо учитывать природно-климатические и градостроительные факторы, влияющие на объемно-планировочные решения объектов. Развитие экологической архитектуры в зарубежной практике реализуется при поддержке государственных программ с участием научно-исследовательских институтов. Из более двадцати различных зарубежных экологических жилых комплексов, таких как Fujisawa Sustainable Smart Town (Токио, Япония), были выделены те комплексы, которые представляют собой наиболее цельную структуру. При проектировании которых учитывались не только энергоэффективность зданий и использование возобновляемых источников энергии и другие экологичные решения, но и максимальная эффективность соотношения плотности и этажности застройки, а также эффективность размещения коммерческих пространств. Выявлено, что формирование

трассировки улиц, застройки кварталов и общественных пространств на основе вышечисленных параметров также влияет на

глобальное ресурсосбережение и комфорт городской среды.

## Литература

1. Багиев Г. Л., Черенков В. И., Черенкова Н. И. Маркетинг для реализации концепции устойчивого развития: сущность и терминологическая парадигма // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 4 (112). – 139-152 с.
2. Боркова Е. А. Государственная поддержка зеленых инвестиций (на примере возобновляемых источников энергии) // Управленческое консультирование. – №3 (135). – 2020. – 73-79 с.
3. Боркова Е. А., Тимченко М. Н., Маркова А. А. Инвестиции в зеленые технологии как инструмент экономического роста России // Бизнес. Образование. Право. – 2019. – № 3 (48). – 87-91 с.
4. Бродач, М. М. Viikki – экспериментальный жилой район. – 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zvt.abok.ru/articles/125/Viikki\\_\\_eksperimentalnii\\_zhiloi\\_raion](http://zvt.abok.ru/articles/125/Viikki__eksperimentalnii_zhiloi_raion)
5. Герасимов, Ю. Н. История архитектуры стран Западной Европы и США Нового и Новейшего времени: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Архитектура» / подготовка к изданию – Шубенкова М. Ю. М.: Университетская книга, – 2012. – С. 168.
6. Есаулов Г.В. Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития // АВОК. – 2015. – № 5. – 4-11 с.
7. Захаров А. Н. Глобальная энергетическая проблема в мировой экономике // Российский внешнеэкономический вестник. – №4. – 2017. – 14-24 с.
8. Захаров А. Н. Глобальная энергетическая проблема: новые вызовы и угрозы, возможности их преодоления // Вестник МГИМО. – №1 (52). – 2017. – 187-199 с.
9. Стандарт комплексного развития территорий. Разработан Минстроем России, ДОМ.РФ, КБ Стрелка. Книга 3. Стандарт освоения свободных территорий – 2019. – С. 298. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/development/urban/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/>
10. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, – 2003. – С. 201.
11. Точилова, Н. Вращающийся дом - Heliotrop Rotating House. – 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.architime.ru/specarch/rolf\\_dish/heliotrop\\_rotating\\_house.htm#5.jpg](https://www.architime.ru/specarch/rolf_dish/heliotrop_rotating_house.htm#5.jpg)
12. Федюк, Р. С., Огрель, Е. А., Мочалов, А. В., Тимохин, А. М., Муталибов, З. А., Мальцев, И. А. Первые зарубежные энергоэффективные здания / Вологодские чтения, – №80. – 2012. – 77-79 с.
13. Adriano Bisello, Valentina Antonucci, Giuliano Marella, Measuring the price premium of energy efficiency: A two-step analysis in the Italian housing market, Energy and Buildings. – Volume 208. – 2020. – Article 109670.
14. Arne Røyset, Tore Kolås, Bjørn Petter Jelle, Coloured building integrated photovoltaics: Influence on energy efficiency, Energy and Buildings. – Volume 208. – 2020. – Article 109623.
15. Austin G., Case study and sustainability assessment of Bo01, Malmö, Sweden. Journal of Green Building. – Volume 8. – Number 3. – 2015. – 1-17 p.
16. Hakaste H., Jalkanen R., Korpivaara A. City of Helsinki. Ministry of the environment. – 2005. – ISBN 952-473-455-9, Printed by Dark Oy, Vantaa. – 1-54 p.
17. Hannes Harter, Manav Mahan Singh, Patricia Schneider-Marin, Werner Lang, Philipp Geyer, Uncertainty Analysis of Life Cycle Energy Assessment in Early Stages of Design, Energy and Buildings. – Volume 208. – 2020. – Article 109635.
18. Jin Woo Moon, Jonghoon Ahn, Improving sustainability of ever-changing building spaces affected by users' fickle taste: A focus on human comfort and energy use, Energy and Buildings. – Volume 208. – 2020. – Article 109662.
19. Mark J., Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities. Environment International. – Volume 140. – 2020. – 97-112 p.

20. Martínez Garriga, M. Dabbagh, M. Krarti, Optimal carbon-neutral retrofit of residential communities in Barcelona, Spain, *Energy and Buildings*. – Volume 208. 2020. – Article 109651.
21. Saheb Y., Schnapp S., Johnson Ch., The Zero Energy concept: making the whole greater than the sum of the parts to meet the Paris Climate Agreement's objectives. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. – Volume 30. – 2018. – 138-150 p.
22. Wenye Lin, Zhenjun Ma, Clayton McDowell, Yeganeh Baghi, Brendan Banfield, Optimal design of a thermal energy storage system using phase change materials for a net-zero energy Solar Decathlon house, *Energy and Buildings*. – Volume 208. – 2020. – Article 109626.
23. 25th World Energy Congress. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://worldenergycongressrussia.rcfiles.rcmedia.ru/upload/WEC2022\\_buklet\\_ru.pdf](https://worldenergycongressrussia.rcfiles.rcmedia.ru/upload/WEC2022_buklet_ru.pdf)

## References

1. Bagiev G. L., CHerenkov V. I., CHerenkova N. I. Marketing dlya realizatsii koncepcii ustojchivogo razvitiya: sushchnost' i terminologicheskaya para-digma // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. – 2018. – № 4 (112). – 139-152 p.
2. Borkova E. A. Gosudarstvennaya podderzhka zelenyh investitsij (na primere vozobnovlyaemyh istochnikov energii) // *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*. – №3 (135). – 2020. – 73-79 p.
3. Borkova E. A., Timchenko M. N., Markova A. A. Investicii v zelenye tekhnologii kak instrument ekonomicheskogo rosta Rossii // *Biznes. Obrazovanie. Pravo*. – 2019. – № 3 (48). – 87-91 p.
4. Brodach, M. M. Viikki – eksperimental'nyj zhiloy rajon. – 2014. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://zvt.abok.ru/articles/125/Viikki\\_eksperimentalnii\\_zhiloi\\_raion](http://zvt.abok.ru/articles/125/Viikki_eksperimentalnii_zhiloi_raion)
5. Gerasimov, YU. N. Istoriya arhitektury stran Zapadnoj Evropy i SSHA Novogo i Novejshego vremeni: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayu-shchihsya po special'nosti «Arhitektura» / podgotovka k izdaniyu – SHubenko-va M. YU. M.: Universitetskaya kniga, – 2012. – P. 168.
6. Esaulov G.V. Energoeffektivnost' i ustojchivaya arhitektura kak vek-tory razvitiya // *AVOK*. – 2015. – № 5. – 4-11 p.
7. Zaharov A. N. Global'naya energeticheskaya problema v mirovoj ekonomike // *Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik*. – №4. – 2017. – 14-24 p.
8. Zaharov A. N. Global'naya energeticheskaya problema: novye vyzovy i ugrozy, vozmozhnosti ih preodoleniya // *Vestnik MGIMO*. – №1 (52). – 2017. – 187-199 p.
9. Standart kompleksnogo razvitiya territorij. Razrabotan Ministroem Rossii, DOM.RE, KB Strelka. Kniga 3. Standart osvoeniya svobodnyh territorij – 2019. – P 298. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/development/urban/printsiy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/>
10. Tabunshchikov YU. A., Brodach M. M., SHilkin N. V. Energoeffektivnye zdaniya. M.: AVOK-PRESS, – 2003. – P. 201.
11. Tochilova, N. Vrashchayushchijsya dom - Heliotrop Rotating House. – 2013. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://www.architime.ru/specarch/rolf\\_dish/heliotrop\\_rotating\\_house.htm#5.jpg](https://www.architime.ru/specarch/rolf_dish/heliotrop_rotating_house.htm#5.jpg)
12. Fedyuk, R. S., Ogrėl', E. A., Mochalov, A. V., Timohin, A. M., Mu-talibov, Z. A., Mal'cev, I. A. Pervye zarubezhnye energoeffektivnye zdaniya / *Vologdinskie chteniya*. – №80. – 2012. – 77-79 p.
13. Adriano Bisello, Valentina Antoniucci, Giuliano Marella, Measuring the price premium of energy efficiency: A two-step analysis in the Italian housing market, *Energy and Buildings*, Volume 208, 2020, Article 109670.
14. Arne Røyset, Tore Kolås, Bjørn Petter Jelle, Coloured building integrated photovoltaics: Influence on energy efficiency, *Energy and Buildings*, Volume 208, 2020, Article 109623.
15. Austin G., Case study and sustainability assessment of Bo01, Malmö, Sweden. *Journal of Green Building*, Volume 8, Number 3, 2015, – 1-17 p.
16. Hakaste H., Jalkanen R., Korpivaara A. City of Helsinki. Ministry of the environment, 2005, ISBN 952-473-455-9, Printed by Dark Oy, Vantaa, – 1-54 p.



17. Hannes Harter, Manav Mahan Singh, Patricia Schneider-Marin, Werner Lang, Philipp Geyer, Uncertainty Analysis of Life Cycle Energy Assessment in Early Stages of Design, Energy and Buildings, Volume 208, 2020, article 109635.
18. Jin Woo Moon, Jonghoon Ahn, Improving sustainability of ever-changing building spaces affected by users' fickle taste: A focus on human comfort and energy use, Energy and Buildings, Volume 208, 2020, Article 109662.
19. Mark J., Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities. Environment International, Volume 140, 2020, – 97-112 p.
20. Martínez Garriga, M. Dabbagh, M. Krarti, Optimal carbon-neutral retrofit of residential communities in Barcelona, Spain, Energy and Buildings, Volume 208, 2020, Article 109651.
21. Saheb Y., Shnapp S., Johnson Ch., The Zero Energy concept: making the whole greater than the sum of the parts to meet the Paris Climate Agreement's objectives. Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 30, 2018, – 138-150 p.
22. Wenye Lin, Zhenjun Ma, Clayton McDowell, Yeganeh Baghi, Brendan Banfield, Optimal design of a thermal energy storage system using phase change materials for a net-zero energy Solar Decathlon house, Energy and Buildings, Volume 208, 2020, Article 109626.
23. 25th World Energy Congress. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://worldenergycongressrussia.rcfiles.rcmedia.ru/upload/WEC2022\\_buklet\\_ru.pdf](https://worldenergycongressrussia.rcfiles.rcmedia.ru/upload/WEC2022_buklet_ru.pdf)

**Чистякова А. В.,**

магистр архитектуры, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия.  
E-mail: [anny-chi@mail.ru](mailto:anny-chi@mail.ru)

**Chistyakova A.V.,**

master of architecture, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: [anny-chi@mail.ru](mailto:anny-chi@mail.ru)

*Поступила в редакцию 27.06.2020*