

Черепанов Н.В., Шабиев С.Г.

## АРХИТЕКТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ АКТИВНОЙ ЭКОЛОГИЧНОСТИ

Рассматриваются особенности архитектурного формирования высотных общественных зданий на основе активной экологичности с учётом актуальной проблемы развития экологизации архитектурно-строительной науки.

Цель исследования состоит в выявлении основных закономерностей активной экологичности с разработкой экспериментального проекта высотного общественного здания.

Основными задачами являются: определение тенденций в проектировании экологичных зданий; применение полученных результатов в проектном предложении по формированию высотного общественного здания; создание единой системы экологичности здания, формирование природно-техногенной структуры.

В работе используются современные методы архитектурной науки, включающие комплексное исследование и научное обобщение мирового опыта экологического строительства, многовариантное проектирование, выбор оптимального варианта проектного решения высотного общественного здания на основе активной экологичности.

Экспериментальный проект высотного общественного здания удовлетворяет градостроительным требованиям и образно-художественному решению современных зданий. На основе анализа выдающихся примеров экологического строительства из мирового опыта выявлены и реализованы в экспериментальном проекте основные подходы, преобладающие в экологическом строительстве. Структура здания представляет собой два стройных, устремлённых вверх объёма, объединённых общим стилобатом. Территория комплекса благоустроена с расположением на ней сквера и павильонов-«холмов» с эксплуатируемой озеленённой кровлей. Экологическая система общественного здания отвечает принципу автономизации за счёт повышения замкнутости техногенных циклов. Особенностью здания является формирование сбалансированной природно-техногенной структуры, являющей «зелёную вертикаль» здания, и замкнутой системы экологичности.

**Ключевые слова:** экспериментальный проект, системы активной экологичности зданий, природно-техногенная структура, энергоэффективные здания, высотные общественные здания.

Cherepanov N.V., Shabiev S.G.

## ARCHITECTURAL FORMATION OF HIGH-RISE PUBLIC BUILDINGS BASED ON ACTIVE ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS

The article considers the features of energy formation of public high-rise buildings based on active environmental friendliness, taking into account the current problems of developing the greening of hardware and construction science.

The purpose of the study is to determine the basic principles of active environmental friendliness with the development of an experimental project of a high-rise public building.

*The main objectives are: determining the direction in the design of environmentally friendly buildings; applying the results in the proposed project for the formation of a high-rise public building; creating a unified system of environmental friendliness of the building, creating a natural-technogenic structure.*

*The work uses modern methods of electromagnetic science, including comprehensive research and scientific generalization of the world experience of environmental construction, multi-variant design, selection of regional design solutions for a high-rise public building based on active environmental friendliness.*

*The experimental project of a high-rise public building meets urban planning requirements and the figurative and artistic solution of modern buildings. Based on the analysis, examples of environmental developments from world experience are given, the main approaches prevailing in environmental construction identified and implemented in the experimental project. The building structure is two slender, upward-striving volumes united by a common stylobate. The territory of the complex is landscaped with a park and pavilions- "hills" with a powerful green roof. The ecological system of the public building meets the principle of autonomy by reducing the closure of technogenic cycles. The peculiarity of the building facade is a balanced natural-technogenic structure, representing the "green vertical" of the building, and a closed system of environmental friendliness.*

**Keywords:** *experimental project, systems of active environmental friendliness of buildings, natural and man-made structure, energy-efficient buildings, high-rise public buildings.*

В условиях глобального изменения климата и ухудшения экологической ситуации архитектурное формирование высотных общественных зданий с учетом природоохранных требований приобретает особое значение. Рост численности городского населения и интенсификация урбанистических процессов ставят перед архитекторами и градостроителями новые вызовы. Основной из них – создание комфортной и экологически устойчивой среды обитания, которая минимизирует негативное воздействие на окружающую среду и способствует улучшению качества жизни людей. Принципы активной экологичности становятся ключевыми в проектировании современных высотных зданий, являясь основой для гармоничной интеграции здания в окружающую среду.

Экологическая архитектура, которая ранее называлась «архитектурная экология» и ее родоначальником является итальянский архитектор П. Солери, находится в авангарде архитектурно-строительной науки как одно из наиболее прогрессивных и востребованных направлений проектирования зданий. Человечество на протяжении всей своей истории ощущало неразрывную связь с природой, находя её источником вдохновения, силы и самой жизни, проявляя одновременно и заботу об окружающей среде, и стремясь использовать во благо силы природы. Экологическое проектирование имеет глибо-

кие исторические корни, уходящие в глубину веков.

Уже в Древнем Египте, более 5000 лет назад, создавались гидротехнические сооружения, такие как плотины Кошиш и Садд-Кафара на реке Вади-Гарави [1]. Знаменитые висячие сады Семирамиды, датируемые XVII веком до н.э., входящие в античный список Семи чудес света, задолго опередили применение особо популярных сейчас вертикальных садов, что говорит о том, что уже тогда человек хотя бы задумывался о создании таких природно-техногенных структур. Со времён Средневековья человек уделял серьёзное внимание изменению ландшафта за счёт возведения природно-техногенных структур на практике: за счёт сооружения валов, дамб и иных гидротехнических сооружений голландцы создали новое чудо света – нидерландские польдеры, отвоевав у моря существенную часть территории своей страны.

Значительные меры по рациональному использованию природных ресурсов были впервые предприняты Петром Великим. В период с 1725 по 1801 годы было издано более 140 законов, а в XIX веке их количество увеличилось до 300 [2]. В начале XIX века при Александре I был введен Лесной кодекс, который Николай I дополнил новыми положениями. Во второй половине XIX века, при Александре II, статус города предусматривал

ряд требований для создания благоприятных городских условий.

Промышленная революция XVII-XIX веков и последовавшая за ней индустриализация начала XX века способствовали резкому изменению отношению человека с природой: на первый план ставилось не гармоничное сосуществование с природой, а именно её подчинение воли человека. С массовым внедрением сначала паровых двигателей, а затем двигателей внутреннего сгорания, активной эксплуатацией углеводородов в энергетике экономическая рентабельность была в приоритете, чем экологический подход. В ходу было мнение, что человек уже победил природу и оглядываться на влияние на окружающую среду не стоит, принципы природосообразности были надолго забыты.

Одним из ярких своеобразных переломов в экологическом сознании человека явился так называемый Великий лондонский смог 1952 года, когда в ходе антициклона над городом собрался туман, содержащий, в основном, продукты сжигания угля. Во время пятидневного бедствия погибло около 12000 человек. Это событие стало одним из важнейших с точки зрения влияния на экологические исследования, правительственные действия и общественное информирование о взаимосвязи между чистотой воздуха и человеческим здоровьем [3]. Таким образом, например, в 1956 году в Великобритании был принят «Закон о чистом воздухе». В 1960-1980-х годах Советский Союз внедрил лесные, земельные и водные кодексы, что способствовало развитию экологического законодательства. С начала 1990-х годов осознание масштабов экологических проблем и целей устойчивого развития стало более отчетливым.

В контексте устойчивого развития выделяются три основных аспекта: экологический, социальный и экономический. Это подчеркивается в докладе Комиссии Гру Харлем Брунтланн «Наше общее будущее» от 1987 года, в котором говорится о важности интегрированного подхода к сохранению и развитию окружающей среды.

К 1992 году, когда в г. Рио-де-Жанейро прошла Конференция ООН по окружающей среде – «Саммит Земли», мировая общественность глубоко осознала необходимость в концепции устойчивого развития, впервые столь четко и стройно изложенной в докладе Комиссии Брунтланн. Эта идея была подхвачена учёными, лидерами ведущих государств и общественными деятелями (М. Горбачёв, Г. Коль, М. Тэтчер, Д. Буш-старший и др.), про-

возглашавших природоохранные ценности. До сих пор принятые на той Конференции документы остаются базой и генеральной стратегией природоохранного взаимодействия стран [4].

На рубеже XX-XXI веков появились первые стандарты «зелёного строительства», свидетельствовавшие об экологичности и энергоэффективности зданий. Ими стали специальные стандарты BREEAM и рейтинговая система LEED. В России же в целях адаптации вопросов «зелёного строительства» к отечественным реалиям в начале XXI века создана отечественная система GREEN ZOOM [5].

Рассматривая экологическое право, основу любого экологического законодательства, можно отметить, что его сверхзадачей, по сути, является принцип, провозглашающий снижение отрицательного влияния на окружающую среду, а в своей высшей категории – его отсутствие как реакция на современный экологический кризис, ставящий под угрозу возможность устойчивого развития человеческой цивилизации [6]. То же самое касается и экологической архитектуры. Это было учтено в процессе анализа мирового опыта, для разработки экспериментального проекта высотного общественного здания на основе активной экологичности в г. Челябинске. Исследованы наиболее выдающиеся примеры экологического строительства за рубежом и в России: «Башня Жемчужной реки» (рис. 1, а) и «Шанхайская башня» (рис. 1, б) в КНР; «Лахта-центр» (рис. 1, в) в России; «Коммерцбанк-тауэр» (рис. 1, г) в ФРГ; «Природные дома» (рис. 1, д) в Швеции; экспериментальный проект небоскрёба российского архитектурного бюро «Arch group» (рис. 1, е) и др. [7-10]. В ходе изучения аналогов были выявлены 6 основных подходов, преобладающих в экологическом строительстве: ветрогенерация, водосбережение, фото-термоаккумуляция, вертикальные сады, компостирование, рекуперация.

Анализ экологических зданий проводился по четырём характерным направлениям: экологизация в структуре плана, фасада, разреза и конкретных технологических решений здания (рис. 1). Минимизация пагубного воздействия человека на окружающую среду – это многовекторная задача. Она заключается не только в прямом снижении этого воздействия на почву, воздух, гомеостаз биома и т.п., но и в сокращении опосредованного влияния: снижении энергопотребления, повышении автономности здания, возведении его из переработанных материалов и др. За

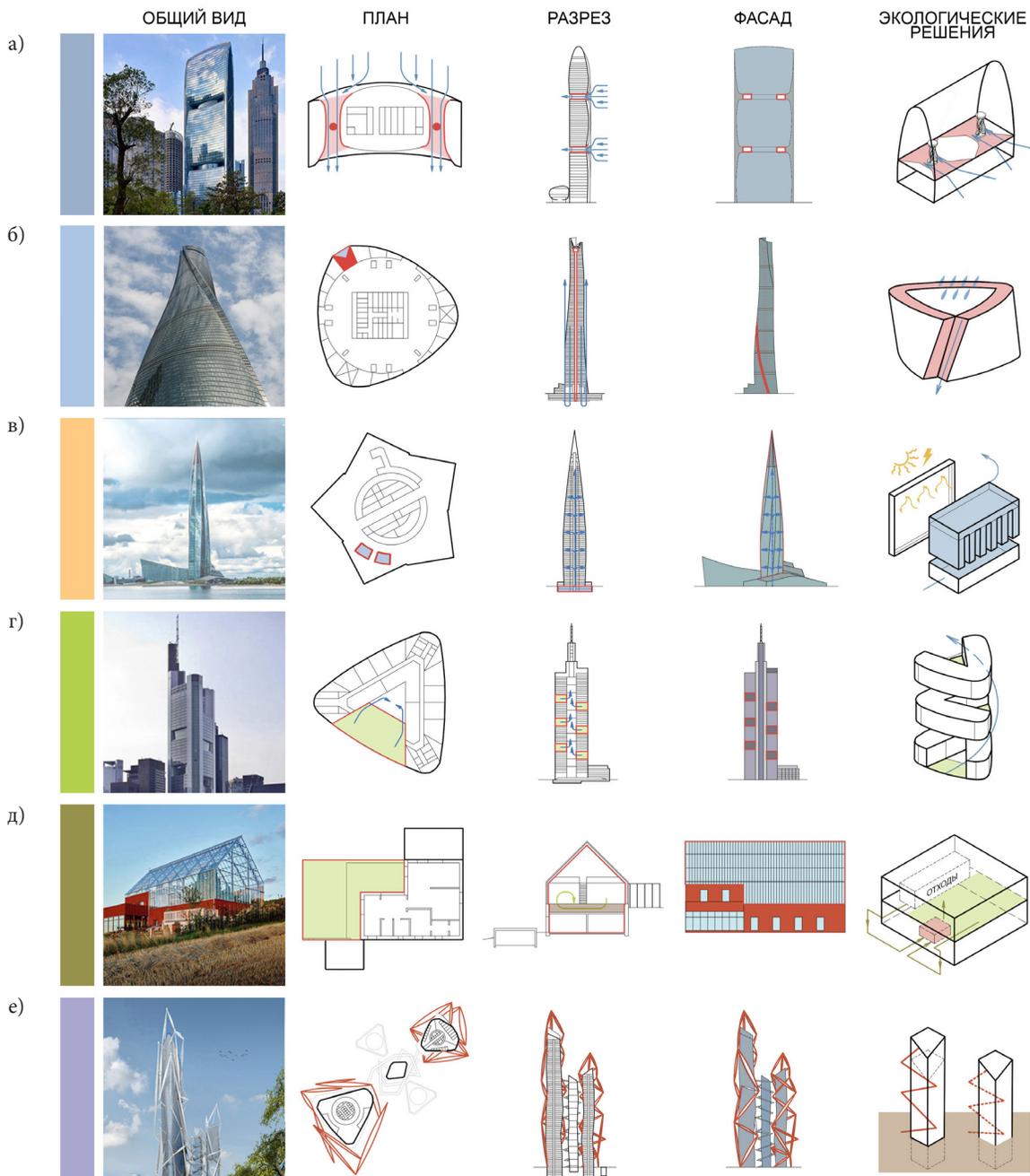


Рис. 1. Примеры экологических зданий из мировой практики, разделённые по 6 подходам: а – ветрогенерация; б – водосбережение; в – фото-термоаккумуляция; г – вертикальные сады; д – компостирование; е – рекуперация

счёт этого здание снижает нагрузку на тепловые и электрические городские сети, требует меньше применение ресурсов, использованных при его постройке и эксплуатации.

Выявленные закономерности были реализованы в экспериментальном проекте высотного общественного здания в г. Челябинске. Автором предложена схема формирования экологической структуры общественного здания, включающая 6 выявленных основных подходов, преобладающих в экологическом строительстве. В единой экологической системе необходимо было предусмотреть, как будет оптимизирована структура здания

на основе использования замкнутых технологических циклов. Формирование экологической структуры способствует сохранению природных ресурсов, улучшению качества воздуха, воды и почвы, а также созданию благоприятной атмосферы для проживания и работы людей.

Выявлено, что одним из ключевых элементов экологической структуры в энергоэффективном здании является использование экологически чистых материалов и технологий строительства, таких как природные и переработанные материалы, солнечные панели, ветряные турбины, системы

энергосбережения и водоуправления. Также важно учитывать формирование сбалансированных природно-техногенных структур (ПТС), чтобы создать естественные биотопы для растений и животных, а также повысить психологическое благополучие работников и посетителей здания.

Формирование экологической структуры в общественном здании, кроме того, способствует снижению потребления энергии и воды, уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу и улучшению общего состояния окружающей среды, играя, таким образом, важную роль в создании устойчивого и здорового рабочего пространства,

способствуя сохранению природных ресурсов и поддержанию экологического баланса в городской среде.

На основе изучения генплана г. Челябинска выбрана площадка в компактном сквере с расположенными в нём павильонами-«холмами» с эксплуатируемой озеленённой кровлей (рис. 2). Для максимального сохранения свободного пространства автопарковку решено сделать двухъярусной, подземной, расположенной под зданием. Структура здания представляет собой два стройных, устремлённых вверх объёма, объединённых общим стилобатом (рис. 3).

Основной особенностью здания являет-



Рис. 2. Схема генерального плана: 1 – проектируемое здание; 2 – благоустроенная площадь; 3, 4 – павильоны под «зелёным куполом»; 5 – крытый амфитеатр

ся формирование сбалансированной ПТС – гармоничного взаимопроникающего синтеза окружающей среды и здания – являющей «зелёную вертикаль» сооружения. Начинаясь с первого этажа крытым зимним садом, вертикальные сады поднимаются двухэтажными объёмами практически на всю высоту здания, обеспечивая небольшими «скверами» каждый рабочий этаж, и оканчиваются на отметке 121,5 м трёхъярусным «небесным садом», занимающим всю площадь этажа (рис. 4, 5).

Общая схема экологичности (рис. 5, а) здания по сути своей напоминает экосистему, где происходит обмен веществ и энергии, стремящуюся повысить свою эффективность и автономность. Это, конечно, не представляет собой полностью замкнутую структуру, но её цель заключается в повышении замкнутости циклов.

Отправная точка работы экологической системы общественного здания – сбор дождевой воды. С площади кровли проектируемого здания в районе, где расположен г. Челя-

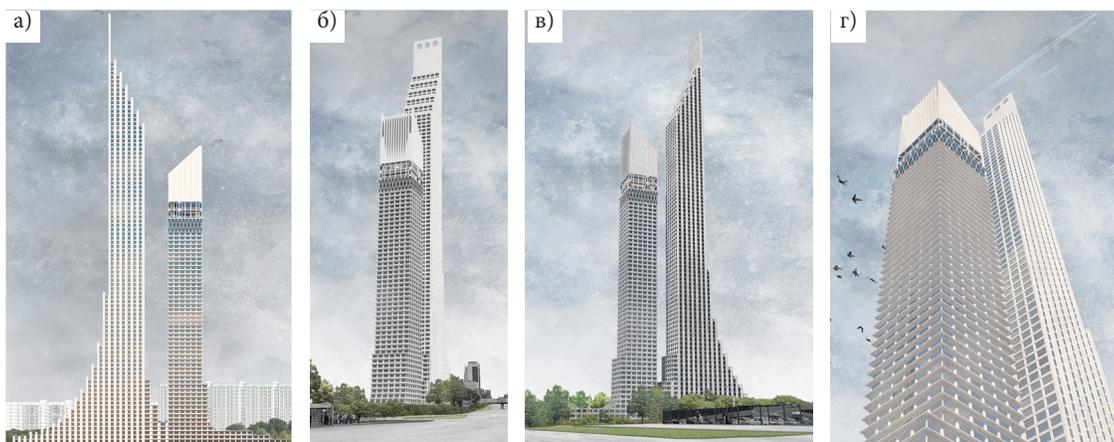


Рис. 3. Экспериментальный проект общественного здания: а – боковой фасад; б, в, г – перспективные виды

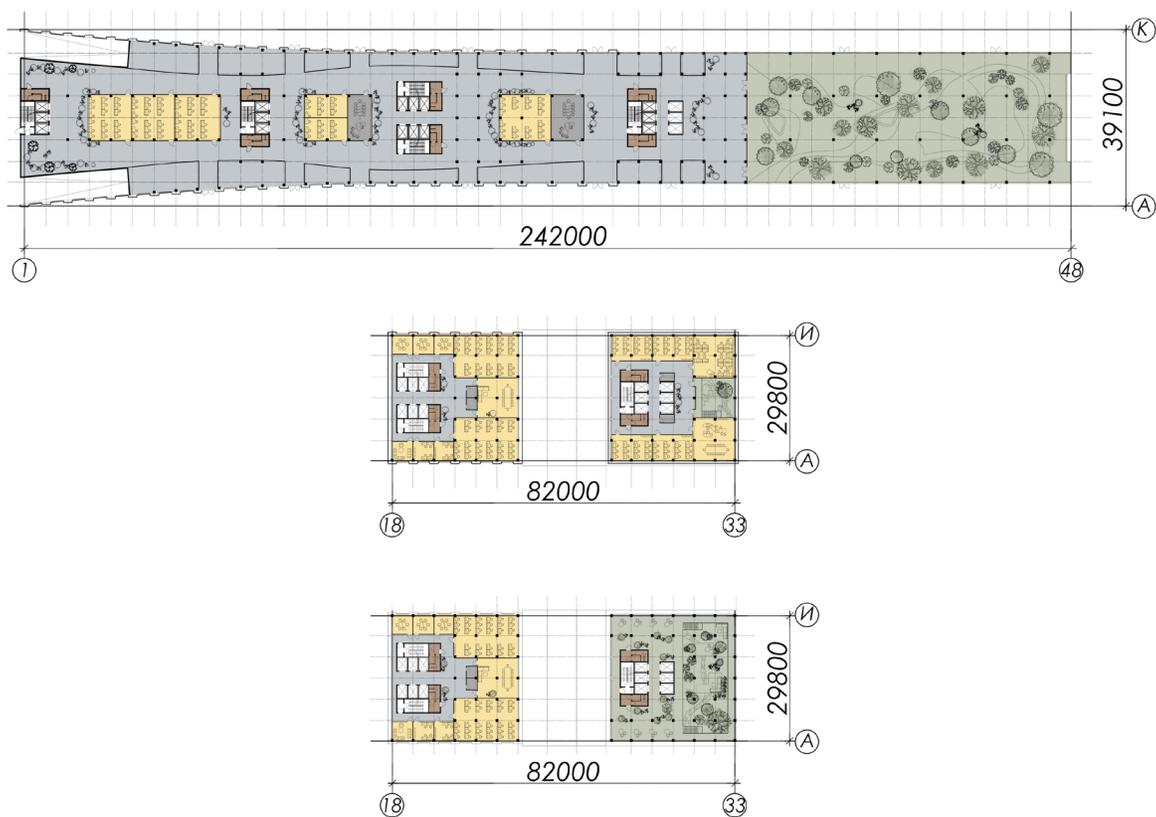


Рис. 4. Схема планировки общественного здания: а – схема плана 1-го этажа; б – схема плана типового этажа; в – схема плана на уровне «небесного сада»

бинск, можно собрать примерно 5 миллионов литров воды в год. Это немало, но составляет около 7% воды, необходимой для полива зимних садов, что эквивалентно примерно 73 миллионам литров воды в год. Кроме сбора воды, в наличии у общественного здания имеется вода, сэкономленная, не растроченная при грамотном подходе к расходованию воды. По водоводам, выступающим пилонами на фасаде здания, вода, собранная от осадков и полученная из городской сети, направляется к холодильным установкам, где охлаждается и поднимается вверх, в ре-

зервуар, являющийся частью градиентного теплоэлектрогенератора (ТЭГ).

ТЭГ работает на основе использования теплового градиента в окружающей среде для генерации электрической энергии. Принцип его работы заключается в использовании разницы температур между двумя точками в окружающей среде, например между поверхностью земли и атмосферой, для создания теплового потока.

Тепловой градиент приводит к передаче тепловой энергии через специальный материал, такой как термоэлектрический модуль,

который содержит полупроводниковые элементы. При этом происходит разделение зарядов и создание разности потенциалов, что приводит к генерации электрического тока. Электрическая энергия, полученная в результате работы градиентного термоэлектрогенератора, может быть использована для пита-

ния электронных устройств, зарядки батарей или передачи энергии в электрическую сеть. Главным преимуществом этой технологии является её эффективность и возможность использования в различных климатических условиях.

В верхней части здания располагаются

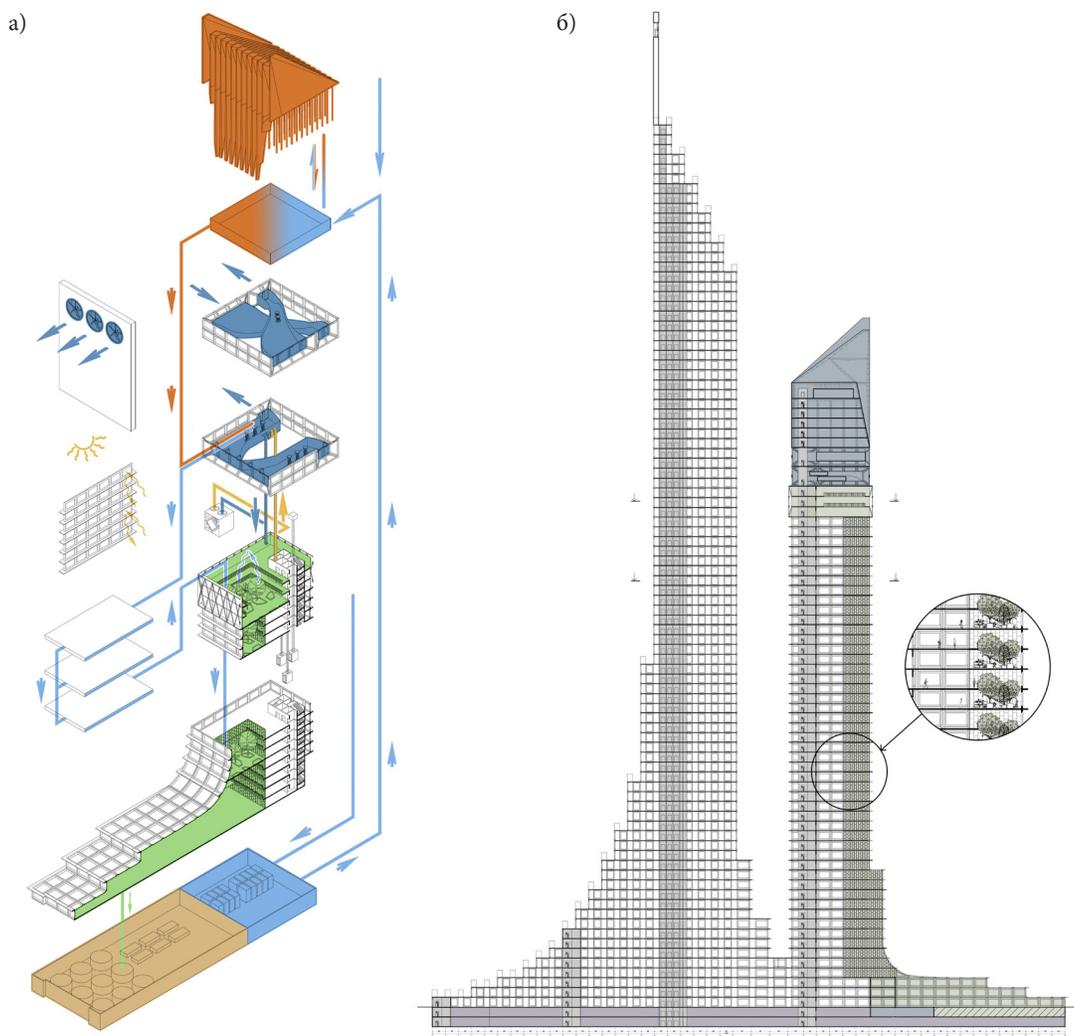


Рис. 5. Схема экологического формирования общественного здания: а – схема экологической структуры; б – схема разреза

металлические пластины треугольного сечения, архитектурно выделяющиеся на фасаде здания и являющиеся радиатором ТЭГ. Летом они выступают в роли «тёплого полюса» термоэлектрогенератора, а зимой – в роли холодного. Вода же, наоборот, летом предстаёт «холодным полюсом», а зимой – «тёплым».

Однако здание использует не только тепловое, но и ультрафиолетовое излучение солнца. В производстве окон для здания предполагается применить стёкла с использованием квантовых точек – технологии, позволяющей превратить стекло в солнечную батарею без ущерба для его светопрозрачно-

сти. Принцип работы таких батарей заключается в использовании люминесцентных солнечных концентраторов (ЛСК) на основе квантовых точек. ЛСК собирают энергию солнца и направляют свет с больших площадей на микроэлементы. Особенностью ЛСК является то, что ими можно управлять. Например, можно настроить пучок таких точек на сбор света с фиксированной длиной волны и исключении всех других волн [11]. Применение батарей на основе ЛСК позволяет использовать весь фасад здания для получения электроэнергии из УФ-излучения, при этом визуально не нагружая его. Это также

обеспечивает достаточное получение солнечного света зимними садами, благодаря размещению светопрозрачных конструкций с применением квантовых точек, в отличие от «глухих» солнечных батарей.

Вода, нагретая от работы ТЭГ, по трубкам направляется ниже, к ярусу, где расположены ветрогенераторы, сориентированные с учётом преобладающих направлений ветровых потоков в г. Челябинске. В здании ветрогенераторы представляют собой систему из трёх труб, обеспечивающие работу при направлении ветра с трёх сторон света. Работа при движении ветра с четвёртого направления обеспечивается ветрогенераторами, расположенными на соседнем здании. Трубы ветрогенераторов представляют собой системы, расширяющиеся у входа и сужающиеся у выхода. Таким образом, скорость потока воздуха увеличивается под действием закона Бернулли, что повышает эффективность работы генераторов. В каждой трубе расположены лопасти ветрогенераторов с вертикальной осью вращения.

Трубы ветрогенераторов размещены внутри здания, что позволило одновременно гармонично вписать их в архитектурный облик здания и обеспечить генерацию электричества, задействуя любое из направлений ветровых потоков. Такое решение не нагружает фасад излишним выделением «ветряков», но повышает эффективность их использования.

Нагретая вода, отработанная в ТЭГ, по системе из змеевиков втекает в трубы ветрогенераторов, где ветровые потоки отбирают у неё тепло. Охлаждённая вода направляется в систему водяного охлаждения. К тем же змеевикам, для необходимого уровня охлаждения, направляется вода, охлаждённая отработанного в льдогенераторах за ночь льда. Та же система труб ветрогенераторов обеспечивает тягу для вентиляции здания, а также свежий воздух для приточной вентиляции: за счёт пониженного давления в трубах воздух фактически вытягивается из воздухопроводов. Потоки тёплого воздуха, стремящиеся вверх, дополнительно ускоренные за счёт подсоса в трубах ветрогенераторов, вращают крыльчатки генераторов, установленных в воздухопроводах, дополнительно вырабатывая электричество [12].

Далее вода используется также для полива вертикальных зимних садов или обеспечивает технические нужды, в том числе, направляется для следующего цикла охлаждения.

Соотношение потребления воды средним деревом к испарениям, генерируемым им, равно примерно 3:1. По расчётам, как было

отмечено выше, на полив зимних садов будет уходить примерно 73 миллиона литров воды в год. Таким образом, за счёт осаднения влаги, выделяемой деревьями, можно получить 21 миллион литров. Всего на осаднении испарений и сборе осадков можно сэкономить около 26 миллионов литров воды. Таким образом, только от сбора воды, не считая экономного использования, ей можно обеспечить более трети потребности в воде зимних садов.

Наличие вертикальных зимних садов, легко различимых с земли, визуальное подчёркивает экологичность общественного здания и влияет на архитектурное качество фасадов. Они также повышают комфорт офисной среды для сотрудников, чьи рабочие места расположены в здании. В высотных сооружениях этот вопрос наиболее актуален, так как работники, в основном, проводят весь свой рабочий день, не выходя из него, что требует преобразование офисных пространств из «мануфактурного» типа в офисы «как дома», создание универсального пространства для продуктивной работы на протяжении почти 24 часов [13]. Каждый этаж обеспечен уголком живой природы, оказывая положительное влияние на эмоциональное состояние человека. Кроме того, вертикальное размещение зимних садов позволяет обеспечить площадь зелёных насаждений, многократно превышающую её проекцию на поверхность земли.

Живые растения производят органические остатки жизнедеятельности. Только от деревьев за год можно получить около 50 тысяч килограммов листьев, плодов, коры. Органические остатки будут направлены на нижний уровень, в биореактор для выработки биогаза. В среднем, в таком биореакторе соотношение органики к выделяемому из неё метану составляет 1:5. Таким образом, из 50 тонн органики, что эквивалентно примерно 160 кубометрам, можно получить около 800 кубометров биогаза только на остатках жизнедеятельности деревьев. Из перебродившей массы в последующем формируется компост, используемый для удобрения растений в садах.

Биогаз, полученный путём брожения в биореакторах, направляется на работу льдогенераторов, расположенных там же, или отопление здания, что способствует повышению энергетической автономности здания, снижая его зависимость от традиционных источников энергии и сокращая расходы на его обогрев и электроснабжение. Льдогенераторы – часть системы фото-термоаккумуля-

ляции, повышающей автономность здания. Ночью, когда нагрузка на электросеть здания минимальна, сэкономленная электроэнергия направляется на производство льда в резервуарах холодильных установок. Днём же лёд, замороженный за ночь, тает и используется для терморегуляции здания. Система охлаждения и кондиционирования, встроенная в полы, позволяет избежать объёмных сетей принудительного воздушного охлаждения, что экономит до 7% полезного пространства [7].

В здании работает и система рекуперации, как тепла, так и электричества. Энергия, сохранённая при рекуперации, также направляется в общую систему для поддержки. А тепловая рекуперация позволяет снизить затраты на подогрев, обеспечивая помещения здания свежим тёплым воздухом.

Таким образом, система экологичности здания формирует замкнутый цикл, являющийся ключевым элементом экоздания, так как он позволяет максимально эффективно использовать ресурсы и минимизировать отходы. В экологическом здании такой подход позволяет повторно использовать материалы, воду, энергию и другие ресурсы внутри здания, создавая устойчивую и энергоэффективную систему. Это помогает сократить загрязнение окружающей среды, снизить расход ресурсов и в целом сделать здание более устойчивым и экологически безопасным, а здание приобретает ярко выраженный типологический облик объекта, спроектированного на основе активной экологичности.

#### Заключение

Исследованы ключевые аспекты форми-

рования общественных зданий на основе активной экологичности, включая использование экологически чистых материалов, энергоэффективные решения, замкнутость ресурсных циклов и др. Анализ показал, что это не только снижает негативное воздействие на окружающую среду, но также способствует экономии ресурсов, повышению комфорта работников здания и улучшению общественного благосостояния, а в итоге повышает архитектурно-художественное качество общественных зданий.

В результате исследования разработан экспериментальный проект высотного общественного здания на основе активной экологичности, отвечающий требованиям к устойчивым, энергоэффективным и комфортным объектам. Дальнейшее развитие экологической архитектуры требует продолжения исследований в этой отрасли науки, чтобы обеспечить сохранение природных ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Материалы экспериментального проекта использованы в ВКР Южно-Уральского государственного университета на тему «Формирование высотного общественного здания на основе принципов активной экологичности», которая на XXXIII Международном смотре-конкурсе лучших выпускных квалификационных работ по архитектуре, дизайну и искусству МООСАО была удостоена диплома I степени и диплома МАРХИ (автор – Черепанов Н.В., руководители – Шабиев С.Г. и Тюрин М.Ю.).

### Литература

1. Саинов, М.П. Об истории Древнего Египта и его гидротехнике / М.П. Саинов, Н.П. Саинова // Вестник МГСУ. – 2008. – № 3. – С. 14-17.
2. Кайль, Е.В. История становления экологического права России в период правления Петра I / Е.В. Кайль // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. – 2014. – № 3. – С. 88-92.
3. The Guardian [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/uk/2002/nov/24/greenpolitics.waste> (дата обращения 07.11.2024).
4. Авдеева, Т.Г. Конференция ООН по устойчивому развитию «Рио+20»: год спустя / Т.Г. Авдеева // Биосфера. – 2013. – № 2. – С. 237-245.
5. Шабиев, С.Г. Экологичность как критерий оценки качества объектов современной архитектуры / С.Г. Шабиев // Наука ЮУрГУ: материалы 70-й научной конференции. Секции социально-гуманитарных наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 12-16.
6. Саркисов, О.Р. Экологическое право: учебное пособие / О.Р. Саркисов, Е.Л. Любасов. – Казань: Центр инновационных технологий, 2014. – 335 с.
7. Баранина, А.А. Эко-проект Pearl River Tower / А.А. Баранина // Academy. – 2020. – № 1. – С. 83-86.
8. Ефремова, М.Г. Московский международный деловой центр «Москва-Сити» –

- инновационный проект XXI в.: 30 лет строительства (1991-2021) / М.Г. Ефремова // Общество: философия, история, культура. – 2021. – № 12. – С. 114-120.
9. Махмудова, М.Т. Норман Фостер – лидер современной архитектуры XX-XXI вв. / М.Т. Махмудова // Экономика и социум. – 2021. – № 10. – С. 876-886.
10. Рябов, А.В. Альтернативная энергетика в формировании современной архитектуры Китая / А.В. Рябов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – № 3. – С. 32-40.
11. Корягина, Е.Л. Полимерные оптические материалы для люминесцентных солнечных концентраторов / Е.Л. Корягина // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2012. – № 1. – С. 18-23.
12. Архитектурно-экологическое проектирование зданий: методические указания / сост. С.Г. Шабиев. – 2-е изд., доп. – Челябинск. Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – 24 с.
13. Титов, Ю.Ю. Офисные пространства нового типа, как современный компонент архитектуры высотных зданий / Ю.Ю. Титов, Н.С. Калинина // Системные технологии. – 2021. – № 40. – С. 102-109.
14. Shabiev, S.G. South Ural State University Campus: Architectural Development Concept in An Accordance with the International Standarts / S.G. Shabiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (Chelyabinsk, 21-22 September 2017). – 2017. – Vol. 262. – 6 p.
15. Morrow, K. Rio+20, the Green Economy and Reorienting Sustainable Development / K. Morrow // Environmental Law Review. – 2012. – Vol. 14. – P. 279-297.
16. Xinpei Jiang. The Research on Eco-campus Evaluation Index System and Weight / Xinpei Jiang, Bao Zheng, Haifeng Wang // Wseas Transactions on Environment and Development. – 2010. – Vol. 6. – P. 793-803.
17. Магай, А.А. Архитектурное проектирование высотных зданий и комплексов / А.А. Магай // М.: АСВ, 2015. – 245 с.
18. Этенко, В.П. / Экологические проблемы высотных зданий / В.П. Этенко // Жилищное строительство. – 2015. – № 12. – С. 41-44.
19. Захарова, Т.В. Эффективность экологической политики: от решения глобальных проблем до формирования университетских кампусов / Т.В. Захарова // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2019. – № 47. – С. 179-188.
20. Vyatkin, G.P. Reconstruction of South Ural State University Buildings and Structures: monographs / G.P. Vyatkin, S.G. Shabiev, edited by G.P. Vyatkin, Corresponding Member of the Russia Academy of Sciences. – China, Shanghai, 2016. – 99 p.
21. Roaf, S. Ecohouse: a design guide (third edition) // S. Roaf, M. Fuentes, S. Thomas // UK, England: Architectural Press. – Oxford, Elsevier, 2007. – 480 p.
22. Wines, J. Green architecture / J. Wines. – Berlin: Taschen, 2000. – 240 p.
23. Халиуллин, А.Р. Эко-устойчивая архитектура как симбиоз энергоэффективного и адаптируемого строительства / А.Р. Халиуллин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 1. – С. 61-69.
24. Сапрыкина, Н.А. Биоклиматическая архитектура как ресурс новаторства / Н.А. Сапрыкина // Известия вузов. Строительство. – 2004. – № 7. – С. 85-91.
25. Тетиор, А.Н. Пространственные решения современных экологических небоскребов и компактных городов / А.Н. Тетиор // Жилищное строительство. – 2011. – № 11. – С. 25-28.

## References

1. Sainov, M.P. On the history of Ancient Egypt and its hydraulic engineering / M.P. Sainov, N.P. Sainova // Bulletin of MGSU. - 2008. - No. 3. - P. 14-17.
2. Kail, E.V. History of the formation of environmental law in Russia during the reign of Peter I / E.V. Kail // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. - 2014. - No. 3. - P. 88-92.
3. The Guardian [Electronic resource] - Access mode: <https://www.theguardian.com/uk/2002/nov/24/greenpolitics.waste> (date of access 07.11.2024).
4. Avdeeva, T.G. UN Conference on Sustainable Development “Rio + 20”: a year later / T.G. Avdeeva // Biosphere. - 2013. - No. 2. - P. 237-245.

5. Shabiev, S.G. Environmental friendliness as a criterion for assessing the quality of modern architectural objects / S.G. Shabiev // Science of SUSU: materials of the 70th scientific conference. Sections of social and humanitarian sciences. - Chelyabinsk: Publishing center of SUSU, 2018.
6. Sarkisov, O.R. Environmental law: a textbook / O.R. Sarkisov, E.L. Lyubasov. - Kazan: Center for Innovation Technologies, 2014. - 335 p.
7. Baranina, A.A. Eco-project Pearl River Tower / A.A. Baranina // Academy. - 2020. - No. 1. - P. 83-86.
8. Efremova, M.G. Moscow International Business Center "Moscow-City" - an innovative project of the 21st century: 30 years of construction (1991-2021) / M.G. Efremova // Society: philosophy, history, culture. - 2021. - No. 12. - P. 114-120.
9. Makhmudova, M.T. Norman Foster - the leader of modern architecture of the XX-XXI centuries / M.T. Makhmudova // Economy and society. - 2021. - No. 10. - P. 876-886.
10. Ryabov, A.V. Alternative energy in the formation of modern architecture in China / A.V. Ryabov // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. - 2011. - No. 3. - P. 32-40.
11. Koryagina, E.L. Polymer optical materials for luminescent solar concentrators / E.L. Koryagina // Bulletin of the Kazan State Power Engineering University. - 2012. - No. 1. - P. 18-23.
12. Architectural and environmental design of buildings: guidelines / compiled by S.G. Shabiev. - 2nd ed., suppl. - Chelyabinsk. Publishing center of SUSU, 2022. - 24 p.
13. Titov, Yu.Yu. New type of office spaces as a modern component of high-rise buildings architecture / Yu.Yu. Titov, N.S. Kalinina // System technologies. - 2021. - No. 40. - P. 102-109.
14. Shabiev, S.G. South Ural State University Campus: Architectural Development Concept in An Accordance with the International Standards / S.G. Shabiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (Chelyabinsk, 21-22 September 2017). - 2017. - Vol. 262. - 6 p.m.
15. Morrow, K. Rio+20, the Green Economy and Reorienting Sustainable Development / K. Morrow // Environmental Law Review. - 2012. - Vol. 14. - P. 279-297.
16. Xinpei Jiang. The Research on Eco-campus Evaluation Index System and Weight / Xinpei Jiang, Bao Zheng, Haifeng Wang // Wseas Transactions on Environment and Development. - 2010. - Vol. 6. - P. 793-803.
17. Magay, A.A. Architectural design of high-rise buildings and complexes / A.A. Magay // M.: ASV, 2015. - 245 p.
18. Etenko, V.P. / Environmental problems of high-rise buildings / V.P. Etenko // Housing construction. - 2015. - No. 12. - P. 41-44.
19. Zakharova, T.V. Efficiency of environmental policy: from solving global problems to the formation of university campuses / T.V. Zakharova // Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science. - 2019. - No. 47. - P. 179-188.
20. Vyatkin, G.P. Reconstruction of South Ural State University Buildings and Structures: monographs / G.P. Vyatkin, S.G. Shabiev, edited by G.P. Vyatkin, Corresponding Member of the Russia Academy of Sciences. - China, Shanghai, 2016. - 99 p.
21. Roaf S. Ecohouse: a design guide (third edition) // S. Roaf, M. Fuentes, S. Thomas // UK, England: Architectural Press. - Oxford, Elsevier, 2007. - 480 p.
22. Wines, J. Green architecture / J. Wines // Berlin: Taschen, 2000. - 240 p.
23. Khaliullin, A.R. Eco-sustainable architecture as a symbiosis of energy-efficient and adaptable construction / A.R. Khaliullin // Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. - 2013. - No. 1. - P. 61-69.
24. Saprykina, N.A. Bioclimatic architecture as a resource for innovation / N.A. Saprykina // Bulletin of universities. Construction. - 2004. - No. 7. - P. 85-91.
25. Tetior, A.N. Spatial solutions for modern environmentally friendly skyscrapers and compact cities / A.N. Tetior // Housing construction. - 2011. - No. 11. - P. 25-

#### Черепанов Н.В.

Аспирант кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: nikita-7498@yandex.ru

**Шабиев С.Г.**

Заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: shabievsg@susu.ru

---

**Cherepanov N.V.**

Graduate student of the Department of Architecture, South Ural State University, с. Chelyabinsk, Russia. E-mail: nikita-7498@yandex.ru

---

**Shabiev S. G.**

Head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, Head of the Department of Architecture, South Ural State University, с. Chelyabinsk, Russia. E-mail: shabievsg@susu.ru

---

*Поступила в редакцию 29.10.2024*