

УДК 712.4

Н. В. Иванова, О. А. Ганжа

Волгоградский государственный технический университет

ЭКОЛОГИЧНОЕ ВЕРТИКАЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Исследование проводилось в рамках поиска наиболее рациональных решений по размещению живых насаждений при проектировании высотных зданий, совершенствованию технологий зеленого строительства и мероприятий по энергоэффективности зданий. Предлагается комплекс систем, характеризующий экосистему высотного здания с вертикальным озеленением, направленный на разрешение экологических проблем урбанизированной среды, формирование комфортной городской застройки, совершенствование биоразнообразия городских поселений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вертикальное озеленение высотных зданий, выбор решений.

Современное экологичное многоэтажное здание представляет собой сложную и неоднозначную инженерную систему. Недостаток природных элементов архитектуры в высотных зданиях необходимо компенсировать как внутренним пространством (атриумы, сады, оранжереи, зеленые крыши), так и использованием внешнего вертикального пространства путем устройства различных вариантов вертикального озеленения. Практически все концептуальные проекты высотного строительства включают в структуру проектируемого здания сады на искусственном основании. Они являются не только средством психоэмоциональной адаптации человека к искусственной среде, но средством поддержания микроклимата этой среды за счет процессов увлажнения и охлаждения. В основном такие системы озеленения разработаны и используются для жаркого климата.

В проектировании высотных зданий введено понятие биоклиматического небоскреба, в котором стабильность озеленения, зеленого компонента в структуре здания обеспечивается на весь период его эксплуатации.

Для России разработка таких систем является сложнейшей задачей, поскольку следует учитывать климатические параметры: низкие температуры, осадки в виде снега и дождя, скорость ветра, повышенный уровень потребления тепла и освещения в зимний период. Существующие проектные концепции этого не учитывают. Применительно к климатическим условиям российских территорий следует решить проектную задачу, руководствуясь значимостью того или иного принципа вертикального озеленения (функциональности, экологичности, эстетичности, биопозитивности и др.), а также возможностью проработки проектного решения с использованием вариантов вертикального озеленения внутри здания (атриумы, оранжереи, зимние сады).

Цель исследования — разработка основ проектирования экологичного вертикального озеленения высотных зданий для усиления комфортности и энергоэффективности зданий.

Задачи исследования:

- 1) изучение современных направлений вертикального озеленения высотных зданий из практики архитектурного проектирования и строительства;
- 2) анализ методических и исторических основ проектирования вертикального озеленения высотных зданий;
- 3) обоснование комплекса систем, характеризующего экосистему высотного здания с вертикальным озеленением.

Практическая и теоретическая база работы

Исследования общих и специфических экологических проблем концепции озеленения города с целью устойчивого развития проводятся с различных позиций. Особенностью последних публикаций о современном городском экологическом проектировании стала тенденция использования растительности в высотных зданиях, анализа вертикальных систем озеленения (VGS) [1]. Искусственная среда играет ключевую роль в стремлении к устойчивому развитию, повышению эффективности использования ресурсов и к уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и благополучие человека. Изоляция от природы приводит к усилению стрессовых явлений, что показало время, проведенное в пандемии COVID-19 [2, 3].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) максимально допустимое расстояние от жилья до зеленых насаждений составляет 300 м, но многие городские жители проживают гораздо дальше. Психологическая потребность в соединении с природой в теории биофилии в XXI в. была перенесена в область архитектуры. Многие исследования объяснили преимущества биофильной архитектуры в обеспечении связи человека и природы, укреплении здоровья, благополучия, производительности, биоразнообразия и устойчивости [4].

Концепция биофильного дизайна, разработанная W. Zhong, принята для анализа проектирования с зелеными насаждениями в архитектурных практиках [5]. Она классифицирует подходы к проектированию и включает в себя различные важные элементы дизайна с живой природой в современной городской архитектуре.

На 26-й Конференции сторон ООН по изменению климата (COP26, 2021) биофильная архитектура рассматривалась как одна из программ ограничения глобального потепления [6], где возведение живой стены становятся частью устойчивой стратегии города, зеленые вертикальные поверхности приносят значительную экологическую, социальную и экономическую выгоду для урбанизированных территорий [7].

Однако ученые отмечают, что трехмерные зеленые зоны в зданиях нередко упускаются из виду. В связи с этим введено понятие — «зеленые карманы», т. е. трехмерные зеленые зоны [8]. Они выступают как элемент типологии, отличный от двумерных зеленых крыш и стен/фасадов. Результаты работы показывают, что зеленые карманы способствуют интеграции разнообразных видов элементов природы в зданиях и развитию устойчивой архитектуры. Их проектирование, обеспечивающее видимость, доступность и пространственные характеристики элементов живой природы, улучшает качество строительства [9].

В публикациях поднимаются вопросы использования ландшафтных решений (вертикальное озеленение южных фасадов зданий и озеленение крыш,

коридоров, балконов) при применении технологий и методик повышения энергоэффективности зданий, позволяющих снизить расходы на электроэнергию [7, 10].

Интерес вызывает оценка акустических характеристик озелененных фасадов, а так же влияния растений на уменьшение распространения шума на территории города. Проверены разные источники шума и планировочные условия застройки: плотная, открытые улицы [11].

Актуальная тема поднимается в [8], где исследуется применение методов компьютерного визуального проектирования (3DMAX и виртуальной реальности) на примере взаимодействия растений с зелеными крышами. Компьютерный визуальный дизайн отлично подходит для обработки изображений ландшафтов. В публикации подчеркивается потенциал моделирования 3DMAX и технологии виртуальной реальности в создании проектов. Полученные результаты способствуют растущему объему знаний в области устойчивого городского развития и дают информацию дизайнерам, политикам и исследователям, стремящимся улучшить ландшафты зеленых элементов городских структур.

Рассмотренные исследования показывают экологические преимущества интеграции растительности в архитектуру для совершенствования комфортной городской среды и возможности использования вертикальных систем озеленения и зеленых карманов в проектировании высотных зданий с подбором для строительства эколого-эстетических видов местных растений.

Высотные здания являются искусственной экосистемой. Она характеризуется как замкнутая, но с другой стороны, — совершенно не может существовать самостоятельно, поскольку с экологической точки не репродуктивна. Ее живучесть обеспечивается постоянным взаимодействием с внешней средой. Экосистема высотного здания включает в себя множество различных систем, связанных с окружающим пространством. Внешняя среда воздействует не только на внутренние системы, но от ее параметров зависит выбор проектных и технических решений (рис. 1).

Комфортность и гигиеничность среды — свойство экосистемы, фактор, который влияет на здоровье людей и их жизнедеятельность. Озелененные пространства формируют микроклимат как внутри здания, так и во внешней среде, пространстве здания.

Отечественные исследователи А. Л. Вергунов, Е. М. Микулина, С. С. Ожегов, В. А. Нефедов, А. В. Городков доказывают, что экосистема архитектурного пространства здания может быть достигнута только с включением в него элементов природы, живой зелени, которые совместно совершенствуют качественные характеристики жилого пространства и экологии застройки. Для увеличения комфортности зданий композиции насаждений могут располагаться в различных частях жилых домов. В настоящее время расширена типология видов озеленения в зависимости от их расположения в архитектурно-планировочной структуре объекта: открытые, закрытые, расположенные в помещениях, атриумные пространства, верхние этажи здания, нижние этажи зданий (двухсветные пространства) [12]. В зависимости от сезона для многоэтажных зданий определены основные группы озелененных пространств, используемые в проектных решениях как постоянные, сезонные, круглогодичные (табл. 1).

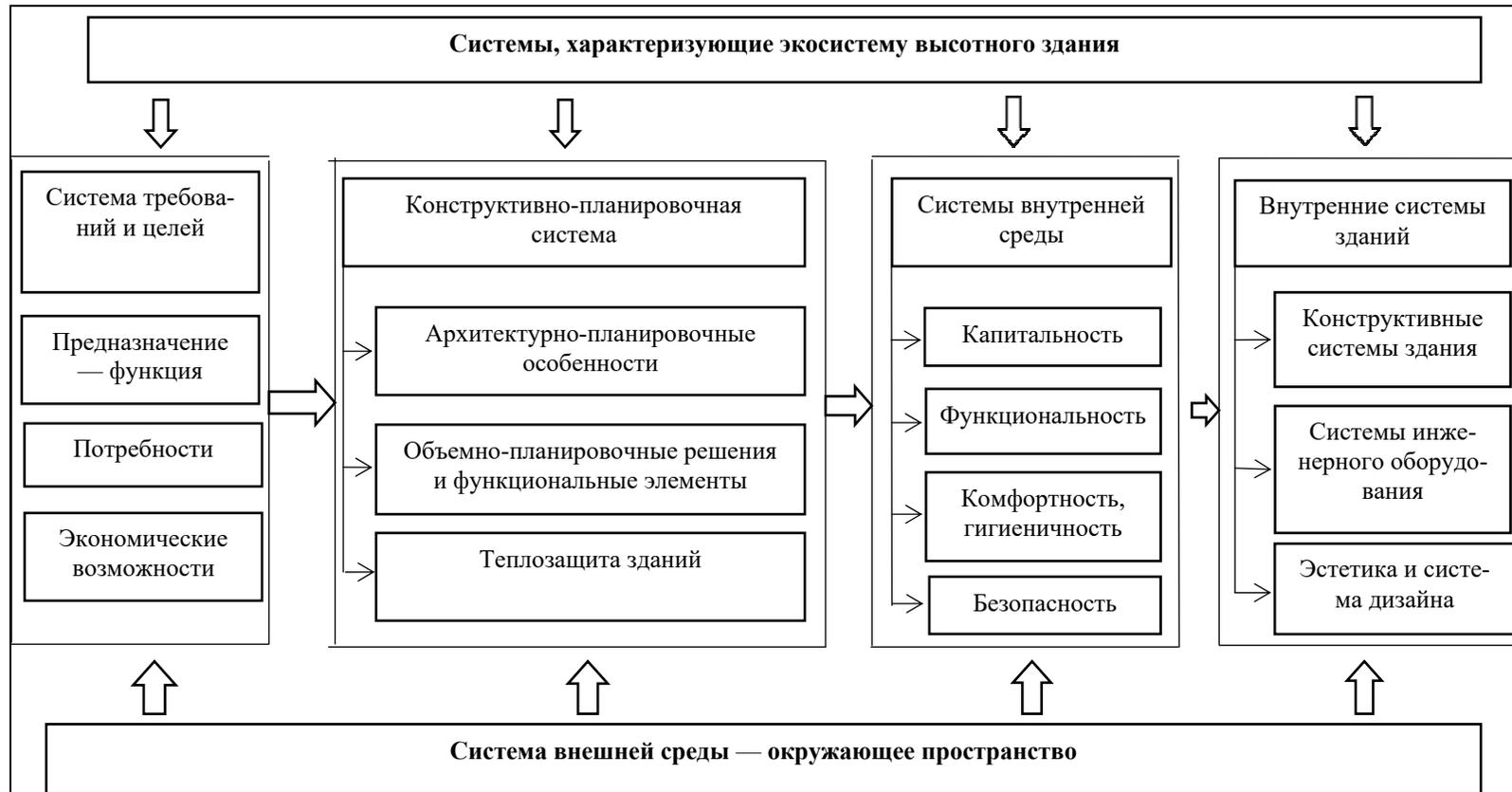


Рис. 1. Экосистема высотного здания

Т а б л и ц а 1

Классификация озелененных пространств с позиции архитектурно-планировочной структуры здания и учета фактора времени его использования

Озелененное пространство в структуре здания и вне его	Вид озелененного пространства	Вид озелененного пространства с учетом фактора времени его использования
Вертикальное озеленение	открытый	сезонное
Зеленая крыша	открытый, атриумные пространства	сезонное, круглогодичное
Балконы, лоджии, галереи	открытый	сезонное, круглогодичное
Внутридворовое пространство	открытый	сезонное, круглогодичное
Придомовые участки	открытый	сезонный
Зимний сад	закрытый	постоянный
Модульные сады	открытый	постоянный, сезонный
Оранжерея	закрытый	постоянный
Передвижные (мобильные) сады	открытый	сезонные
Зеленые зоны в жилых помещениях	закрытые	постоянные
Внутридомовые пространства	закрытые	постоянные
Верхние или нижние этажи зданий (двухсветовые пространства)	атриумные пространства	постоянные
Минипарки, газоны	открытые	круглогодичные

Основным фактором, который не позволяет использовать озелененные пространства постоянно, является климатический: сменяемость времен года, резкие перепады температуры, влажности, фактор солнечного облучения, скорость ветра.

Наши исследования показывают, что существуют основные экологические факторы, влияющие на проектирование вертикального озеленения в высотном строительстве: природно-климатический, эстетический, психологический, зашумленность и загазованность рассматриваемой территории (табл. 2).

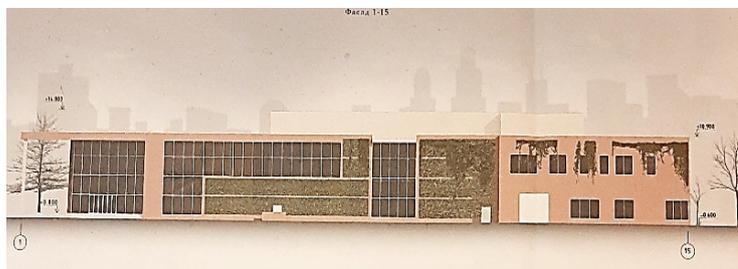
Учитывая положительное влияние систем вертикального озеленения фасадов (и интерьеров) высотных зданий на экологическое качество окружающей городской среды, улучшение экологического фона внутреннего пространства (социально-экологические, архитектурно-строительные, конструктивные и инженерно-технические параметры и др.), предлагаются решения для формирования экосистем зданий с вертикальным озеленением на примере застройки (и эскизных проектов) в Волгограде, рис. 2—5.

Таблица 2

*Основные экологические факторы,
влияющие на проектирование вертикального озеленения*

Экологический фактор	Характеристика влияния фактора на окружающую среду	Фотофиксация, пример использования вертикального озеленения в городской среде
Загрязнение атмосферного воздуха	Увеличение уровня ПДК загрязняющих веществ, задымленность и запыленность воздуха, проявление эффекта «теплового острова», отсутствие зеленых пространств	 <p>Конструкция из шпалер на Consorico project (Сантьяго, Чили)</p>
Снижение уровня звука (зашумленности) и звукоизоляции фасадов зданий	Шум от различных источников городской среды: стационарных, мобильных, точечных, линейных, пространственных	 <p>Каркасная конструкция (Париж, Франция)</p>
Фактор снижения теплопотерь ограждающих конструкций	Фасадная система озеленения позитивно отражается на показателях уровня энергопотребления: повышение теплоизоляции, снижение теплопотерь через ограждающие конструкции, обеспечение солнцезащиты, охлаждение за счет испарения влаги, снижения скорости ветра. Затенение растениями снижает температурный градиент на внутренней и внешней поверхностях ограждающих конструкций, уменьшение теплопроводности	 <p>Озеленение стен здания Pasona Headquarters (Токио, Япония)</p>

Экологический фактор	Характеристика влияния фактора на окружающую среду	Фотофиксация, пример использования вертикального озеленения в городской среде
	конструкций и инфильтрации воздуха внутрь помещений, снижение потребления электроэнергии [13]	
Эстетический и психологический факторы	Улучшение эстетического и экологического облика объекта связано с эко-дизайном	 <p>School of the arts (Сингапур)</p>



a

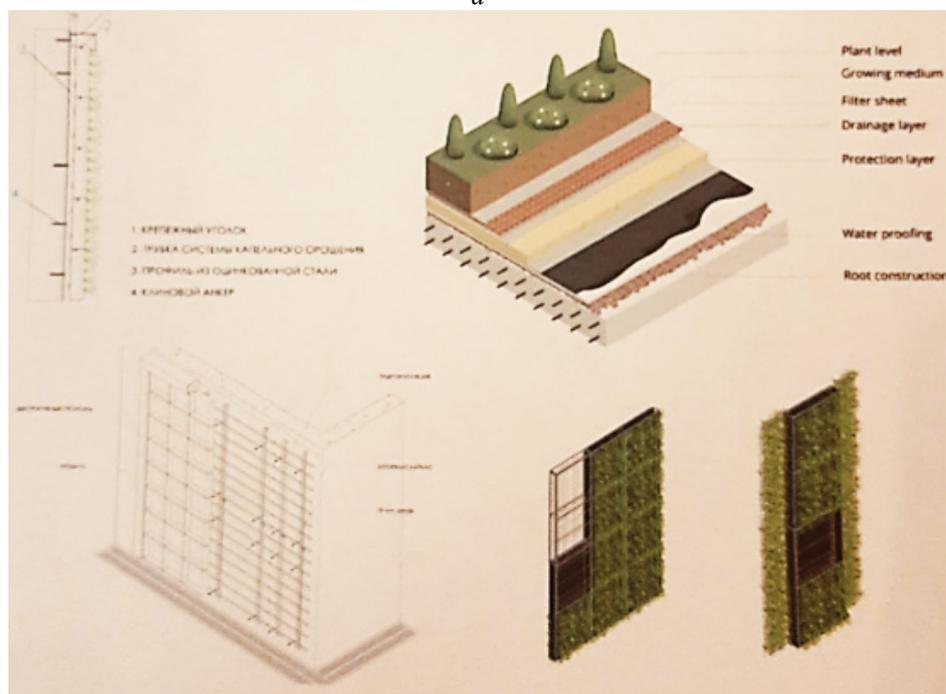


б

Рис. 2. Киноконцертный зал, озеленение фасадных частей здания:
a — выкопировка из проектного решения; *б* — система вертикального озеленения



a

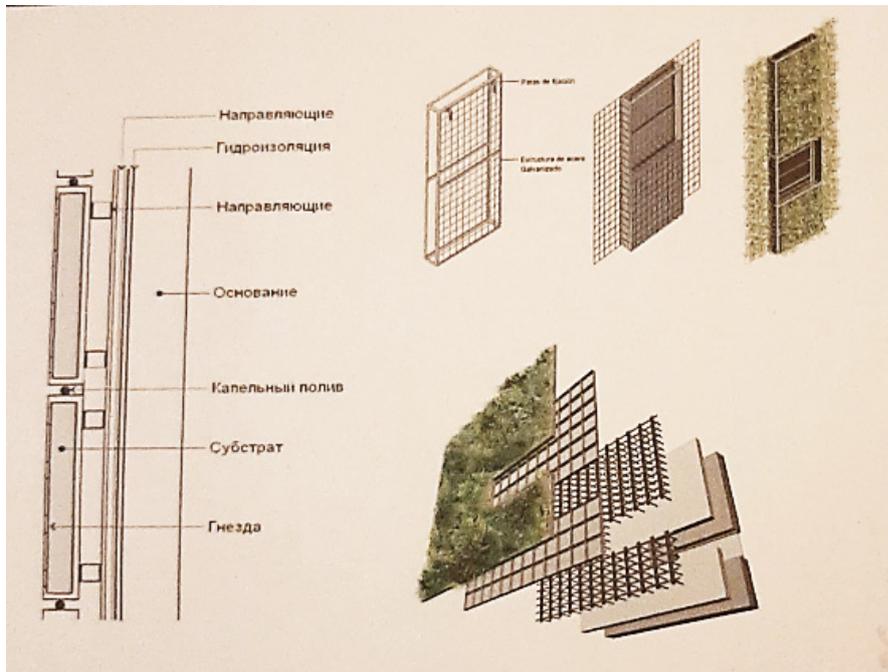


b

Рис. 3. Гостиница на 200 мест, озеленение глухих торцов здания:
a — выкопировка из проектного решения; *b* — система вертикального озеленения



a



б

Рис. 4. Общественное здание, вертикальное озеленение торцов здания:
a — выкопировка из проектного решения; *б* — система вертикального озеленения

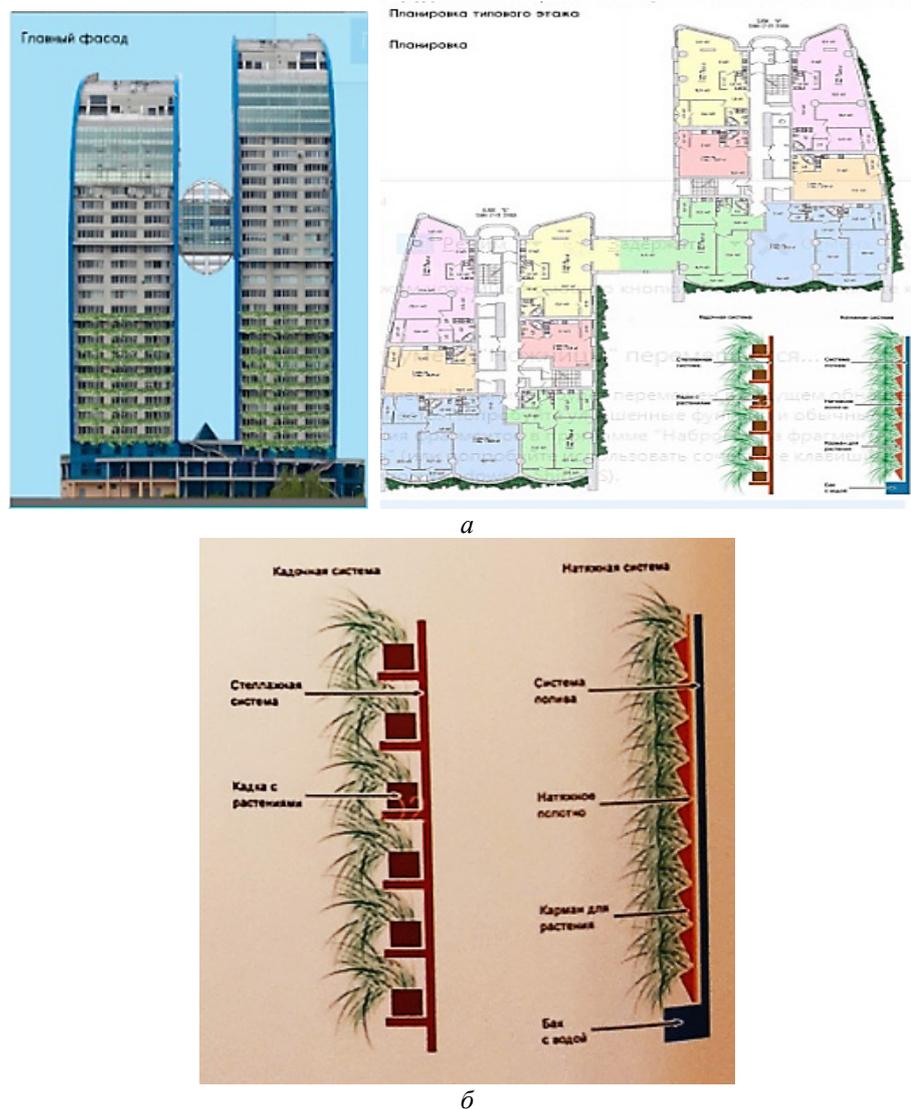


Рис. 5. Предложение по вертикальному озеленению здания и зеленых карманов ЖК «Волжские паруса» (ул. Калинина, 2А, Волгоград):
а — выкопировка из проектного решения; б — система вертикального озеленения

Выводы

1. Изучение специальной нормативно-справочной литературы, практики устройства вертикального озеленения высотных зданий показывает, что в настоящее время нет нормативного документа на проектирование системы вертикального озеленения в высотном строительстве.
2. В работе определены основные экологические факторы, влияющие на проектирование вертикального озеленения в высотном строительстве, такие как: природно-климатический, эстетический, психологический, шумность и загазованность территории и др.
3. Разработана система комплексов, характеризующих экосистему высотного здания с вертикальным озеленением, включающая: систему требований и

целей, конструктивно-планировочную систему, систему внутренней среды и внутренних систем зданий, а также ряд подсистем, зависящих от вида здания. Окружающая среда не только воздействует на систему внутренней среды, но и от ее параметров зависит выбор проектных и технических решений.

4. Предложена классификация озелененных пространств с позиции архитектурно-планировочной структуры высотного здания и с учетом фактора времени его использования: озелененное пространство в структуре здания и вне его (вертикальное озеленение, зеленая крыша, зимний сад и др), вид озелененного пространства (открытый, закрытый), вид озелененного пространства с учетом фактора времени его использования (сезонное, круглогодичное). Использование классификации поможет в выполнении проектных материалов.

5. Данные выводы явились основой проектных предложений по формированию экосистем зданий с вертикальным озеленением и зелеными карманами на примере застройки г. Волгограда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Schröpfer T., Menz S.* Dense and Green Building Typologies // Design Perspectives Springer Briefs in Architectural Design and Technology. 2019. DOI: org/10.1007/978-981-13-3035-3_1.
2. Enabling relationships with nature in cities / J. Colding, M. Giusti, A. Haga, M. Wallhagen, S. Barthel // Sustainability. 2020. Vol. 12. Pp. 1—16.
3. Connection to nature and time spent in gardens predicts social cohesion / R. R. Y. Oh, Yu. Zhang, L. T. P. Nghiem, C.-C. Chang, C. L. Y. Tan, S. A. Quazi, D. F. Shanahan, B. B. Lin, K. J. Gaston, R. A. Fuller, R. L. Carrasco // Urban Forestry & Urban Greening. 2022. Vol. 74. 127655. DOI: org/10.1016/j.ufug.2022.127655.
4. *Wijesooriya N., Brambilla A.* Bridging biophilic design and environmentally sustainable design: a critical review // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 283. Art. 124591.
5. *Zhong W., Schröder T., Bekkering J.* Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: a critical review // Frontiers of Architectural Research. 2022. Vol. 11. Pp. 114—141.
7. *Ragheb A., El-Shimy H., Ragheb G.* Green Architecture: A Concept of Sustainability Environmental // Science, Engineering Procedia: Social and Behavioral Sciences. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.12.075.
8. *Zhang L., Kim C.* Computer Vision Interaction Design in Sustainable Urban Development: A Case Study of Roof Garden Landscape Plants in Marine Cities // Plants. 2023. Vol. 12. DOI: org/10.3390/plants12183320.
9. *Zhong W., Schröder T., Bekkering J.* Designing with nature: Advancing three-dimensional green spaces in architecture through frameworks for biophilic design and sustainability // Frontiers of Architectural Research. 2023. Vol. 12. Iss. 4. Pp. 732—753.
10. *Pérez G., Coma J., Martorell I., Cabeza L. F.* Vertical greenery systems (vgs) for energy saving in buildings: // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 39. Pp. 139—165.
11. A review of the application of green walls in the acoustic field / F. Yan, J. Shen, W. Zhang, L. Ye, X. Lin // Building Acoustics. 2022. Vol. 29. Iss. 2. Pp. 295—313.
12. *Воронин А. А.* Принципы формирования озелененных пространств в жилых многоэтажных зданиях: автореф. дисс... канд. арх. М., 2012. URL: <https://tekhnosfera.com/printsipy-formirovaniya-ozelenennyh-prostranstv-v-zhilyh-mnogoetazhnyh-zdaniyah>.
13. *Wood A. Bahrami P. Safarik D.* Green Walls in High-Rise Buildings. HK : Everbest Printing Co Ltd, 2014. 238 p.

© Иванова Н. В., Ганжа О. А., 2024

Поступила в редакцию
в январе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Ганжа О. А. Экологичное вертикальное озеленение в проектировании высотных зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 203—214. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_203.

Об авторах:

Иванова Нина Васильевна — канд. архитектуры, проф., проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ivanovaninav@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2472-1705

Ганжа Ольга Александровна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ganzha_olga@mail.ru

Nina V. Ivanova, Ol'ga A. Ganzha

Volgograd State Technical University

ECO-FRIENDLY VERTICAL LANDSCAPING IN THE DESIGN OF HIGH-RISE BUILDINGS

The research was conducted as part of the search for the most rational solutions for the placement of living spaces in the design of high-rise buildings, improving green construction technologies and building energy efficiency measures. A set of systems characterizing the ecosystem of a high-rise building with vertical landscaping is proposed, aimed at solving environmental problems of an urbanized environment, forming a comfortable urban development, and improving the biodiversity of urban settlements.

Key words: vertical landscaping of high-rise buildings, choice of solutions.

For citation:

Ivanova N. V., Ganzha O. A. [Eco-friendly vertical landscaping in the design of high-rise buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 203—214. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_203.

About authors:

Nina V. Ivanova — Candidate of Architecture, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; ivanovaninav@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2472-1705

Ol'ga A. Ganzha — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ganzha_olga@mail.ru