

ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научная статья

УДК/UDC 502:721.012.27

DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-163-182

Применение системы LEED в архитектуре высотных зданий**Полина Сергеевна Болдырева¹**

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

polinagreen95@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются существующие системы экологической сертификации и их аспекты «устойчивого» проектирования. Подробно анализируется международная система LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию). На основе её рекомендаций рассматриваются 10 высотных объектов, и устанавливается частота соответствия рекомендуемым критериям, которые отвечают экологическим показателям, а также удовлетворяют экономическим и социально-культурным положениям. Для каждого критерия оценки устанавливается среднее значение эффективности применения. Выявляются современные тенденции в архитектурно-планировочных и инженерно-технических решениях, воплощающих концепцию «устойчивого развития».

Ключевые слова: «устойчивое» развитие, высотное строительство, небоскреб, система экосертификации, LEED

Для цитирования: Болдырева П.С. Применение системы LEED в архитектуре высотных зданий // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 1(62). С. 163-182.

URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/10_boldyрева.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-163-182

CREATIVE CONCEPTS IN ARCHITECTURE

Original article

Application of the LEED system in the architecture of high-rise buildings**Polina S. Boldyreva¹**

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

polinagreen95@gmail.com

Abstract: The article discusses the existing systems of ecological certification and their aspects of "sustainable" design. The international system LEED - Leadership in Energy and Environmental Design – is analyzed in detail. Based on its recommendations, 10 high-rise objects are considered and the frequency of compliance with the recommended criteria is established, which meet environmental indicators, as well as satisfy economic and socio-cultural conditions. For each evaluation criterion, the average value of the effectiveness of the application is set. Modern trends in architectural and engineering solutions that embody the concept of "sustainable development" are revealed.

Keywords: "sustainable" development, high-rise construction, skyscraper, eco-certification system, LEED

For citation: Boldyreva P.S. Application of the LEED system in the architecture of high-rise buildings // Architecture and Modern Information Technologies, 2023, no. 1(62), pp. 163-182.

Available at: https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/10_boldyрева.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-163-182

¹ © Болдырева П.С., 2023

Введение

Устойчивое развитие – это политика в различных сферах деятельности, направленная на минимизацию негативного воздействия человека и объектов приложения его труда на окружающую среду в долгосрочной перспективе. Концепция устойчивого развития, в рамках которой затрагивалась проблема баланса потребления природных ресурсов различными поколениями, впервые была озвучена в 1987 году в докладе комиссии ООН «Наше общее будущее», а затем стала ключевым ориентиром для таких последующих международных соглашений, как C40 (Cities Climate Leadership Group). В ряде исследований по данной теме именно архитектурно-строительная отрасль является одной из ключевых сфер, способной на различных уровнях своей организации воплотить идеи устойчивого развития, нивелировать отрицательные результаты предшествующих направлений и тенденций, утвердить приемы создания комфортных, экологических, энергоэффективных, многокомпонентных и долговечных объектов архитектуры, способных соответствовать меняющимся запросам общества с течением времени.

Цель исследования: выявление перспективных тенденций «устойчивого развития» в высотном строительстве.

Задачи исследования:

- обзор мировых систем экологической сертификации зданий и выявление их особенностей;
- анализ высотных объектов с позиций экологического, экономического и социально-культурного аспектов системы LEED;
- определение наиболее актуальных методов и критериев оценки небоскребов (Экн1-СК2).

Объект исследования: система экологической сертификации LEED.

Предмет исследования: влияние критериев системы LEED на архитектуру высотных зданий.

Научная новизна: определение тенденций «устойчивого» проектирования в высотном строительстве на основе выявления эффективности применения (%) рекомендуемых позиций системы LEED, среднего значения частоты использования установленных методов и критериев.

Методика анализа:

- обзор существующих систем экологической сертификации зданий и подробное рассмотрение аспектов и критериев LEED;
- анализ современных высотных объектов и выявление реализованных приемов, соответствующих экологическим, экономическим и социально-культурным аспектам системы LEED;
- дифференциация рассмотренных решений по категориям и подкатегориям системы LEED с определением частоты их применения.

Актуальность выбора системы LEED обуславливается рядом позиций:

- популярность данной системы экосертификации: применение более чем в 100 странах;
- аккредитация только реализованных объектов, а не проектной документации;
- наглядность и ясность подсчета баллов по основным аспектам и критериям, без применения дополнительных коэффициентов.

I. Существующие системы сертификации зданий и их особенности

С целью создания комфортной среды для человека, развития «зеленых технологий», более рационального потребления природных ресурсов, а также повышения конкурентоспособности и престижности проектов в сфере недвижимости в ряде стран с

конца прошлого века стали разрабатываться различные системы экологической сертификации. Система экологической сертификации – это система, основывающаяся на собственных правилах и алгоритмах проведения экологической оценки объектов строительства по ряду обозначенных категорий и характеристик. Впоследствии часть из них приобрела статус международных – BREEAM, LEED, DGNB.

В 1990 г. британской организацией «BRE Global» была разработана первая в мире система экосертификации BREEAM² – Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Метод оценки экологической эффективности зданий). Особенностью данной системы является способ присуждения баллов по 10 категориям экооценки, включающим энергоэффективность, водопотребление, материалы, отходы, землепользование и биоразнообразие и др. Общее количество критериев: 55–57. Сверх максимальной общей суммы в 100 баллов BREEAM также предусматривает 10 дополнительных очков за инновационные решения. Уровни сертификации: удовлетворительно (≥30), хорошо (≥45), очень хорошо (≥ 55), отлично/великолепно (≥ 70) и превосходно (≥ 85).

Основы наиболее популярной современной системы сертификации LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию) – были заложены в 1993 г. в США, однако ее более интенсивное развитие началось с 1998 г. Базируясь на девяти основных разделах экооценки, данная система содержит более 80 критериев (80–83). Максимальное количество баллов – 110. Уровни сертификации: LEED Certified (Сертифицирован; 40–49 баллов), LEED Silver (Серебро; 50–59 баллов), LEED Gold (Золото; 60–79 баллов), LEED Platinum (Платина; 80–110 баллов). Слабой стороной LEED является отсутствие климатической дифференциации при широкой температурной амплитуде рассматриваемых районов строительства – от -30 до +50°С. Согласно исследованиям в области отечественной недвижимости, нижний уровень сертификации LEED в среднем увеличивает общие затраты на строительство примерно на 3%, при этом повышает ежегодную капитализацию здания на 7% и производительность сотрудников до 16%.

В 2007 г. в Германии была зарегистрирована система экосертификации DGNB³ – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Немецкое общество устойчивого строительства / Совет устойчивого строительства Германии). Впоследствии, в 2010 г. она приобрела статус международной с аббревиатурой – GSBC (German Sustainable Building Council). Данная система состоит из шести основных разделов и включает 48–63 критериев оценки. Максимально количество баллов – 100. Уровни сертификации: бронза (≥35), серебро (≥50), золото (≥65), платина (≥80). В отличие от BREEAM и LEED, не учитывающих ряд аспектов на протяжении всего жизненного цикла здания, DGNB оценивает качество объекта за продолжительный период, порядка 50 лет.

Также в 1990-х – начале 2000-х годов, помимо международных, были разработаны системы экологической сертификации для определенной группы стран или отдельных государств – CASBEE (Япония), Green Globes (Канада, США), HQE – Haute Qualité Environnementale (Стандарт высокого качества окружающей среды, Франция), Green star (Австралия, Новая Зеландия) и др. В отечественной практике строительства были разработаны и апробированы следующие системы экосертификации: «Зеленые стандарты», СДОС НОСТРОЙ, ГОСТ Р, GREEN ZOOM, СДС «РУСО».

II. Система LEED⁴, ее аспекты и категории

Соответствие высотных объектов критериям «устойчивого развития» достигается соответствующими приемами и методами на всех этапах жизненного цикла здания – с момента проектирования до реконструкции или сноса. В таких небоскребах реализуются

² BREEAM. URL: <https://bregroup.com/products/breeam/>

³ DGNB. URL: <https://www.dgnb.de/de/index.php>

⁴ LEED Certification Information. URL: <https://www.usgbc.org/leed>

архитектурно-пространственные и инженерно-технические решения, которые соответствуют критериям эффективности использования энергии, водных ресурсов, материалов с точки зрения экологического аспекта «устойчивого» проектирования; критериям низких эксплуатационных расходов с позиции экономического аспекта; критериям качества внутренней среды, ее комфорта, многообразия и интеграции инноваций в рамках социально-культурного аспекта.

Стандарты LEED обновлялись по мере развития трижды; последняя версия LEED v4 датируется 2013 годом (с приложением 2016 г.). Данная система, как и BREEAM, базируется на трех основных составляющих – экологическом, экономическом и социально-культурном, каждый из которых имеет свои категории. Баллы начисляются в зависимости от важности того или иного проектного решения, направленного на достижение целей концепции «устойчивого развития».

Аспекты «устойчивости» для высотных зданий по LEED (3):

Экологический (Экл)

1. Выгодное расположение/качество участка застройки (Экл1):

- защита естественной среды обитания (Экл1.1);
- благоустройство городских территорий (Экл1.2);
- эффективное использование строительных площадок (Экл1.3);
- создание транспортных и парковочных систем (Экл1.4);
- выбор земельного участка, подходящего для плотности застройки (Экл1.5);
- защита плодородных почв (Экл1.6);
- уменьшение эффекта теплового острова (Экл1.7).

2. Эффективное использование водных ресурсов (Экл2):

- использование водосберегающих установок и оборудования (Экл2.1);
- выбор растений с меньшей потребностью в воде и уходе в ландшафтном дизайне (Экл2.2);
- сбор и повторное использование дождевой воды в соответствующих местах (Экл2.3);
- очистка и повторное использование сточных вод (Экл2.4).

3. Энергоэффективность и снижение выбросов CO₂ (Экл3):

- использование солнечных батарей в производстве электроэнергии (Экл3.1);
- использование естественного света для освещения (Экл3.2);
- использование солнечных коллекторов при нагреве воды (Экл3.3);
- использование энергии ветра в вентиляции и кондиционировании (Экл3.4);
- выбор энергоэффективных строительных материалов (Экл3.5);
- выбор местных строительных материалов (Экл3.6);
- использование светлых строительных материалов для фасадов (Экл3.7);
- использование низкоэмиссионного (энергоэффективного) стекла и столярных изделий (Экл3.8);
- обеспечение энергосбережения с помощью эффективных систем теплоизоляции (Экл3.9);
- установка систем для здания, которое вырабатывает собственную электроэнергию (Экл3.10).

4. Строительные материалы и ресурсы (Экл4):

- поставка строительных материалов из близлежащей местности (Экл4.1);
- использование стандартизированных строительных материалов, которые не создают проблем с тепловым загрязнением окружающей среды (Экл4.2);
- разработка плана расходов материалов для предотвращения излишек материала и образования отходов (Экл4.3);
- выбор перерабатываемых и повторно используемых строительных материалов (Экл4.4);

- использование легко заменимых строительных материалов (типовых элементов) (Экл4.5);
- выбор экономичных, эстетичных, высокоэффективных строительных материалов с гарантией производителя и удовлетворенностью пользователей (Экл4.6);
- отказ от строительных материалов, которые наносят ущерб экосистеме на этапе производства (Экл4.7).

Экономический (Экн)

1. Эффективное использование ресурсов/капитала (Экн1):

- обеспечение ресурсоэффективности⁵ за счет использования перерабатываемых строительных материалов (Экн1.1);
- использование долговечных строительных материалов (Экн1.2).

2. Низкие эксплуатационные расходы (Экн2):

- снижение затрат за счет обеспечения энерго- и ресурсоэффективности в производстве (Экн2.1);
- сокращение транспортных расходов до площадки застройки за счет выбора местных строительных материалов (Экн2.2);
- вариантное и многоаспектное проектирование зданий с постоянным анализом экономических затрат (Экн2.3).

Социально-культурный (СК)

1. Качество внутренней среды (СК1):

- создание комфортных параметров внутренней среды (СК1.1);
- обеспечение высокого качества внутреннего воздуха (СК1.2);
- отказ от материалов, содержащих токсические вещества (СК1.3);
- предотвращение загрязнения (СК1.4).

2. Внедрение инноваций и новых решений в проектировании (СК2):

- создание визуальной связи с внешним окружением (СК2.1);
- проектирование зданий, использующих меньшее количество энергии на стадиях строительства и эксплуатации (СК2.2);
- проектирование зданий, эффективно использующих внутреннее пространства (СК2.3);
- проектирование с учетом климатических особенностей (СК2.4).

Указанные шифры далее используются в таблице.1 при подсчете баллов.

III. Анализ высотных зданий с сертификатом LEED

В этом контексте автором было проанализировано применение данных критериев к 10 высотным объектам с сертификатом LEED. Данная международная система, как наиболее используемая, была выбрана в качестве своеобразного индикатора современных тенденций в высотном строительстве.

1. Конде-Наст-Билдинг (Нью-Йорк, США, 1996–1999 гг., рис. 1)

Экологический аспект. Смесители с малым расходом в ваннах. Солнечные батареи на верхних уровнях (возобновляемый источник энергии). На нижних этажах стекла с высоким коэффициентом светопропускания, а на верхних – низкоэмиссионные (с высокими эксплуатационными характеристиками, уменьшающими воздействие солнечного света). Выработка части электроэнергии за счет топливных элементов на крыше.

⁵ Ресурсоэффективность - использование меньшего количества ресурсов для производства того же объема продукции.

Экономический аспект. Ресурсоэффективность за счет использования вторичного сырья. Снижение энергозатрат за счет выработки системами здания собственной энергии. Экономия на транспортных расходах за счет доставки строительных материалов из близлежащих районов.

Социально-культурный аспект. На каждом этаже контроль качества воздуха специальными станциями кондиционирования. Материалы внутренней отделки без содержания токсичных веществ. Отдельные вентиляционные каналы, обеспечивающие непосредственную вентиляцию из курительных и копировальных комнат.



Рис. 1. Конде-Наст-Билдинг. Арх.: Фокс и Фаул. Нью-Йорк, США. 1996–1999 гг.

2. Тайбэй 101. (Тайбэй, Тайвань, 1999–2004 гг., рис. 2)

Экологический аспект. Снижение потребления воды на 20–30% за счет использования переработанной воды. Использование дождевой воды в туалетах и для орошения специально подобранных растений. Дополнительные 16 кВт·ч энергии за счет солнечных батарей. Уменьшение теплопотерь на 50% из-за применения фасадной системы с двойным остеклением.

Экономический аспект. Удовлетворение части потребностей башни в энергии с помощью солнечных батарей – до 30%. Поддержание экономически устойчивого функционирования за счет контроля использования источников энергии.

Социально-культурный аспект. Размещение на 88 этаже 650-тонного маятника для ограничения горизонтальных колебаний и вибраций с целью обеспечения комфорта пользователей.



Рис. 2. Тайбэй 101. Арх.: С.Ю. Ли и партнеры. Тайбэй, Тайвань. 1999-2004 гг.

3. Елена-601 Вэст 57-ая Стрит (Нью-Йорк, США, 2003–2005 гг., рис. 3)

Экологический аспект. Уменьшение эффекта теплового острова за счет зеленой крыши. Сбор и использование дождевой воды для полива озелененных участков. Выработка части электричества солнечными батареями. Использование местных материалов (доставка в радиусе 800 км) – 20% от общего объема. Снижение вредного воздействия солнечных лучей во внутренних помещениях за счет высокоэффективных фасадных элементов.

Экономический аспект. Энерго- и ресурсоэффективность за счет выбора перерабатываемых материалов. Снижение уровня потребления энергии с помощью использования возобновляемых источников энергии.

Социально-культурный аспект. Уменьшение вредного воздействия ультрафиолета на мебель посредством применения низкоэмиссионных стеклопакетов. Поступление свежего воздуха во внутренние помещения и визуальная связь с внешней средой за счет открывающихся окон.



Рис. 3. Елена-601 Вэст 57-ая Стрит. Арх.: Фокс и Фаул. Нью-Йорк, США. 2003–2005 гг.

4. ВТЦ 7 (Нью-Йорк, США, 2002–2006 гг., рис. 4)

Экологический аспект. Использование специальной системы водоснабжения, снижающей потребление воды на 30%. Использование «серой»⁶ воды для орошения близлежащих зеленых зон. Регенерация электрической энергии здания микротурбинами. Около 30% используемых стальных материалов подлежит вторичной переработке.

Экономический аспект. Ресурсоэффективность за счет использования вторсырья для строительства здания. Снижение транспортных расходов за счет выбора местных строительных материалов.

Социально-культурный аспект. Контроль вредного воздействия солнечных лучей за счет солнцезащитных экранов, установленных на наружных стенах; создание надлежащих комфортных условий внутри помещений. Использование солнечного света. Обеспечение высокого качества воздуха в помещении посредством высокоэффективных систем обогрева, охлаждения и фильтрации воздуха.

⁶ «Серая» вода - сточные воды, образующиеся в жилых или офисных зданиях (источники – все сантехнические приборы, за исключением унитазов).



Рис. 4. ВТЦ 7. Арх.: бюро SOM. Нью-Йорк, США. 2002–2006 гг.

5. Комкаст-билдинг (Филадельфия, США, 2005–2008 гг., рис. 5)

Экологический аспект. Экономия 6100 м³ воды в год за счет использования безводных туалетов. Применение текстурированных неотражающих стекол для фасада. Разработка плана и рекомендаций по использованию материалов для предотвращения потерь и образования отходов. Производство 80% деревянных деталей из экологически чистых лесов.

Экономический аспект. Снижение затрат на освещение из-за использования солнечного света. Уменьшение расходов на кондиционирование посредством использования светлых материалов с низким уровнем излучения на фасаде.

Социально-культурный аспект. Строительные материалы без содержания токсичных веществ. Широкие окна устанавливают визуальную связь с внешней средой.



Рис. 5. Комкаст-билдинг. Арх.: Рэймонд Худ. Филадельфия, США. 2005-2008 гг.

6. Визионер-билдинг – 70 Литтл Вэст Стрит (Нью-Йорк, США, 2006–2008 гг., рис. 6)

Экологический аспект. Уменьшение эффекта теплового острова за счет зеленой крыши. Сбор и использование дождевой воды для полива зеленых насаждений. Выработка электричества солнечными батареями. Применение местных материалов (в радиусе 800 км). Использование во внутренних помещениях возобновляемых строительных материалов.

Экономический аспект. Обеспечение энерго- и ресурсоэффективности за счет выбора перерабатываемых материалов. Поставка строительных материалов из окрестностей (способствование экономической устойчивости проекта).

Социально-культурный аспект. Использование строительных материалов без токсичных веществ. Поступление свежего воздуха в здание с помощью системы фильтрации воздуха. Очищение городской воды центральной системой фильтрации и последующая подача пользователям.



Рис. 6. Визионер-билдинг – 70 Литтл Вэст Стрит. Арх.: Сезар Пелли и партнеры. Нью-Йорк, США. 2006–2008 гг.

7. 555 Мишн Стрит (Сан-Франциско, США, 2007–2009 гг., рис. 7)

Экологический аспект. Снижение эффекта теплового острова за счет использования на крыше материалов с высокой светоотражающей способностью. Снижение общего потребления воды на 30% с помощью особой системы водоснабжения (эффективное использование воды). Расходные материалы из перерабатываемых источников.

Экономический аспект. Выбор местных и пригодных для повторного применения строительных материалов, которые можно использовать в течение длительного времени. Снижение затрат за счет эффективного использования воды и электроэнергии.

Социально-культурный аспект. Повышение качества воздуха и параметров внутренней среды за счет использования материалов, не содержащих вредных компонентов. Создание визуальной связи с внешней средой с помощью организации открытых пространств.



Рис. 7. 555 Мишн Стрит. Арх.: Хеллер Манус, Кон Педерсен Фокс Ассошиэйтс. Сан-Франциско, США. 2007–2009 гг.

8. Уан-Централ-Парк (Сидней, Австралия, 2012–2013 гг., рис. 8)

Экологический аспект. Уменьшение негативного воздействия солнечных лучей за счет 5-километровой системы гидропонных плантаций на фасаде. Снижение уровня CO₂ посредством зеленых насаждений (180 000 растений). Система очистки сточных вод с последующим использованием отфильтрованной жидкости для полива растений.

Экономический аспект. Снижение энергозатрат с помощью пассивных источников энергии до 26 % по сравнению со средним значением аналогичных объектов в окрестности: 42 гелиостата и 320 неподвижных зеркал обеспечивают дополнительное освещение в затененных участках, а также перенаправляют до 50% солнечных лучей на обогрев бассейна на уровне кровли.

Социально-культурный аспект. Применение строительных материалов, не содержащих токсичные вещества. Система фильтрации воздуха. Высотная открытая общественная площадка, благоприятствующая визуальной связи с окружающей средой.



Рис. 8. Уан-Централ-Парк. Арх.: Жан Нувель. Сидней, Австралия. 2012–2013 гг.

9. Лахта-центр (Санкт-Петербург, Россия, 2012–2019 гг., рис. 9)

Экологический аспект. Ресурсосбережение: применение ультразвуковых расходомеров, сантехнические приборы с автоматикой для экономии воды, общий контроль расхода воды (передача показаний на диспетчерский пульт), теплоизоляция трубопроводов горячего водоснабжения.

Экономический аспект. Снижение расходов на электроэнергию за счет разницы в дневном и ночном тарифах; использование накопленного за ночь льда в специальных хранилищах для последующего охлаждения в дневное время.

Социально-культурный аспект. Снижение выбросов CO₂ и улучшение гигиены с помощью интеллектуальной системы удаления отходов. Уменьшение уровня шума и создание комфортных рабочих условий за счет: звукоизоляции помещений под оборудование, частотных преобразователей на насосных установках, виброизолирующих опор для установки насосов, системы медно-серебряной обработки воды.



Рис. 9. Лахта-центр. Арх.: Тони Кеттл, RMJM, Горпроект. Санкт-Петербург, Россия. 2012–2019 гг.

10. Гринлэнд Групп Сучжоу-центр (Сучжоу, Китай, 2014–2021гг., рис. 10)

Экологический аспект. Снижение негативного влияния ультрафиолетовых лучей за счет низкоэмиссионного стекла. Ресурсосбережение: сбор и повторное использование дождевой воды, конденсата (экономия на питьевой воде до 50 % по сравнению с аналогичным объектом). Увеличение количества естественного света посредством атриума.

Экономический аспект. Снижение эксплуатационных затрат за счет систем рекуперации энергии и оптимизации, а также автоматизации системы освещения.

Социально-культурный аспект. Поддержание комфортного микроклимата с помощью координации притока свежего воздуха, охлаждающего помещения в жаркие месяцы.



Рис. 10. Гринленд Групп Сучжоу-центр. Арх.: SOM. Сучжоу, Китай. 2014–2021 гг.

IV. Выявление эффективности использования методов «устойчивого развития»

Автором предлагается следующий способ оценки соответствия аккредитованных высотных зданий вышеописанным аспектам и категориям LEED: при подсчете баллов 1 балл присваивается за применение методов «устойчивого развития», 0,5 балла – за их частичное применение и 0 баллов – за их отсутствие. Эффективность использования методов «устойчивого развития» выражается в % и указывается в таблице .1.

Таблица 1. Аспекты и критерии «устойчивого» проектирования

Аспекты и критерии «устойчивого» проектирования		Высотные объекты										Эффективность, %	Σ – набранная общая сумма баллов (Экл)	Σmax - максимально возможная сумма баллов за все 10 объектов с позиций экологического аспекта «устойчивого» проектирования (Экл)	Частота/эффективность применения критериев (Экл)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Экологический (Экл)	Экл1	Конде-Наст-Билдинг	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	Σ – набранная общая сумма баллов (Экл)	Σmax - максимально возможная сумма баллов за все 10 объектов с позиций экологического аспекта «устойчивого» проектирования (Экл)	Частота/эффективность применения критериев (Экл)
		Тайбэй 101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Елена - 601 Вэст 57-ая Стрит	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		ВТЦ 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Комкаст-билдинг	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Визионер-билдинг	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		555 Мишн Стрит	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
	Экл2	Уан-Централ-Парк	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90			
		Лахта-центр	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90			
		Гринленд Групп Сучжоу-ц.	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	95			
		Экл1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Экл1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Экл1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
		Экл1.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100			
Экл1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100					
Экл1.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90				
Экл1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90				
Экл2.1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	70				
Экл2.2	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	95				
Экл2.3	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	85				
Экл2.4	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	85				

	Экл3	Экл3.1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	50				
		Экл3.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.3	1	1	0,5	0	1	1	0	1	0	0	0				55
		Экл3.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл3.10	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1				80
	Экл4	Экл4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл4.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл4.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл4.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл4.5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1				70
		Экл4.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
		Экл4.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				100
Баллы			26	27,5	26,5	25	26,5	28	24	25,5	24	26		259	280	92,5	
Эконом. (Экн)	Экн1	Экн1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	Σ (Экн)	Σmax (Экн)	Частота (Экн)	
		Экн1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
	Экн2	Экн2.1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	95				
		Экн2.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
		Экн2.3	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	95				
Баллы			5	5	5	5	5	4	5	5	5		49	50	98		
Соц.-культ. (СК)	СК1	СК1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	Σ (СК)	Σmax (СК)	Частота (СК)	
		СК1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
		СК1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
		СК1.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
	СК2	СК2.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
		СК2.2	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	95				
		СК2.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
		СК2.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100				
Баллы			8	8	8	8	8	8	7,5	8	8		79,5	80	99		

В контексте обозначенных критериев оценки было выявлено, что частота применения (суммарная) рекомендуемых позиций из экологического аспекта составляет – 90%, экономического – 98% и социально-культурного – 99%. Также для каждого критерия оценки (Экл1.1–СК2.4) было установлено среднее значение эффективности применения (%), что позволило выявить следующие наиболее популярные тенденции «устойчивого» проектирования: всесторонний учет характеристик и параметров участка застройки; установка водосберегающего оборудования с повторным использованием дождевой воды, конденсата и др.; максимальное использование естественного света, защита от ультрафиолета; стандартизация конструктивных элементов (с возможностью последующей замены); использование местных экологических строительных материалов; учет и контроль качества воздуха, а также комфортных параметров внутренней среды; эффективное использование внутренних пространств.

Данные тенденции в контексте архитектурно-пространственных решений выражаются:

- в усложнении структуры и пластики внешней оболочки здания;
- создании более обтекаемых аэродинамических форм (особенно для сверх- и мегавысоких зданий);
- организации внутренних атриумов и рекреационных зон, озелененных пространств;
- включении ВИЭ (возобновляемых источников энергии) в общую композицию фасада;
- использовании большой площади наружного остекления для обеспечения необходимого уровня инсоляции и создания визуальной связи с контекстом;
- применении светлых материалов во внешней отделке для снижения уровня нагрева ограждающей поверхности объекта.

Дополнительно, для проверки предположения о том, что эффективность применения определенной группы критериев «устойчивого» проектирования напрямую зависит от функциональной программы высотного здания, для каждого рассмотренного объекта был подсчитан процент использования показателей Экл1-4, Экн1-2, СК1-2 (Табл.2).

Таблица 2. Показатели Экл1-4, Экн1-2, СК1-2

Аспекты		Экологический (%)				Экономичес.		Соц.-Культ. (%)	
		Экл1	Экл2	Экл3	Экл4	Экн1	Экн2	СК1	СК2
1	Конде-Наст-Билдинг	100	60	100	90	100	100	100	100
2	Тайбэй 101	100	80	100	100	100	100	100	100
3	Елена - 601 Вэст 57-ая Стрит	100	80	90	90	100	100	100	100
4	ВТЦ 7	100	70	80	100	100	100	100	100
5	Комкаст-билдинг	100	70	100	90	100	100	100	100
6	Визионер-билдинг	100	100	100	100	100	100	100	100
7	555 Мишн Стрит	100	80	70	90	100	60	100	100
8	Уан-Централ-Парк	100	100	80	90	100	100	100	80
9	Лахта-центр	70	80	80	90	100	100	100	100
10	Гринлэнд Груп Сучжоу-центр	100	100	80	100	100	100	100	100

Объекты «Елена – 601 Вэст 57-ая Стрит», «Визионер-билдинг» и «Уан-Централ-Парк» относятся к жилым зданиям, остальные – многофункциональные офисные бизнес-центры. Отмечается, что группа критериев Экл1, Экн1, Экн2, СК1 применялись со 100% в апартаментах. В офисных высотных объектах значение Экл1 уменьшалось до 71% в «Лахта-центре», Экн2 до 67% в «555 Мишн Стрит». Тем не менее, согласно диаграммам (табл.2), относительные показатели для офисных и жилых зданий не имеют существенных различий. Поэтому следует полагать, что функция здания не является индикатором применения тех или иных критериев «устойчивого» проектирования.

Выводы

Позиции «Устойчивого развития» оказывают непосредственное влияние на архитектурно-планировочные и инженерно-технические решения высотных зданий. Рассмотренная система экосертификации LEED является наиболее полным и гибким механизмом для оценки современных небоскребов среди международных аналогов (BREEAM, DGNB и др.). В ходе исследования было проанализировано 10 объектов высотного строительства с позиций основных аспектов LEED, и выявлены показатели по частоте их реализации. Также для каждого критерия оценки было установлено среднее значение эффективности применения (%), что позволило выявить наиболее популярные тенденции «устойчивого» проектирования и сформулировать основные архитектурно-планировочные решения, на которые они влияют: усложнение структуры и пластики внешней оболочки здания; создание более обтекаемых аэродинамических форм (особенно для сверх- и мегавысоких зданий); организация внутренних атриумов и рекреационных зон, озелененных пространств; включение ВИЭ в общую композицию фасада; использование большой площади наружного остекления для обеспечения необходимого уровня инсоляции и

создания визуальной связи с контекстом; применение светлых материалов во внешней отделке для снижения уровня нагрева внешней поверхности и др. Было опровергнуто предположение о том, что группа определенных критериев «устойчивого» проектирования напрямую зависит от функциональной программы зданий. Однако стоит заметить, что подобные корреляции прослеживаются в более узких вопросах проектирования, а именно, например, при выборе типологии ВИЭ: для ВМБЦ нехарактерно применение установок, перерабатывающих биомассу; однако, весьма свойственно использование ветрогенераторов, в отличие от высотных объектов с жилой, гостиничной или рекреационной функцией, предполагающей долговременное или постоянное пребывание.

Практическая значимость полученных результатов может применяться при составлении технических заданий для современных высотных зданий. Выявленный ряд перспективных решений с позиций «устойчивого развития» и системы экосертификации LEED позволят архитекторам, инженерам и девелоперам пересмотреть ряд процессов функционирования высотного объекта, а также рационализировать капиталовложения.

Источники иллюстраций

Рис. 1. URL: <https://www.nyc-architecture.com/MID/MID109.htm> (дата обращения 10.01.2023).

Рис. 2. URL:

https://pikabu.ru/story/stabiliziruyushchiy_shar_taipei_101_vo_vremya_zemletryaseniya_siloy_7_2_balla_na_tayvane_segodnya_s_18_na_19_sentyabrya_2022_9470975 (дата обращения 09.01.2023).

Рис. 3. URL: <https://luxuryrentalsmanhattan.com/buildings/the-helena> (дата обращения 12.01.2023).

Рис. 4. URL: <https://www.metro-manhattan.com/buildings/7-world-trade-center/> (дата обращения 12.01.2023).

Рис. 5. URL: <https://stobuildinggroup.com/projects/comcast-technology-center-philadelphia/> (дата обращения 11.01.2023).

Рис. 6. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/the-visionaire/11839> (дата обращения 12.01.2023).

Рис. 7. URL: <https://www.turnerconstruction.com/experience/project/3d0/555-mission-street> (дата обращения 12.01.2023).

Рис. 8. URL: <https://www.designboom.com/architecture/jean-nouvel-one-central-park-sydney-10-08-2014/> (дата обращения 12.01.2023).

Рис. 9. URL:

https://yandex.ru/maps/org/lakhta_tsentr/71693345624/?ll=30.149235%2C59.994990&z=14 (дата обращения 12.01.2023)

Рис. 10. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/greenland-group-suzhou-center/12572> (дата обращения 12.01.2023).

Список источников

1. Бродач М.М. Инженерное оборудование высотных зданий. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2007. 320 с.
2. Граник Ю.Г. Архитектурно-конструктивные особенности высотных зданий за рубежом / Ю.Г. Граник, А.А. Магай // Информационный сборник «Уникальные и специальные технологии в строительстве». Выпуск 1(23). Москва: Архитектурно-строительный центр «Дом на Брестской», 2004. URL: <https://www.fractr.org/file/649106/> (дата обращения 28.12.2022).
3. Молодкин С.А. Принципы формирования архитектуры энергоэффективных высотных жилых зданий: дис. канд. арх. Москва: МАРХИ, 2007. 142 с.

4. Семикин П.П. Принципы формирования архитектуры высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии: дис. канд. арх. Москва: МАРХИ, 2014. 153 с.
5. Сухинина Е.А. История возникновения и практика применения экологических стандартов в архитектуре и строительстве: монография. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т., 2022. 244 с.
6. Сухинина Е.А. Сравнение методов экологической оценки «зелёных» стандартов в строительстве // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2022. №2(59). 294-316 с. URL: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/20_sukhinina.pdf (дата обращения 05.01.2023) DOI: 10.24412/1998-4839-2022-2-294-316
7. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А.Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
8. Easton M. How to Ensure Tall Buildings Are Built to Last? // *CTBUH Journal* 2021 Issue III. Mulgrave: Images Publishing Dist Ac, 2021. p. 55. URL: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/4498-how-to-ensure-tall-buildings-are-built-to-last.pdf> (дата обращения 25.12.2022).
9. Miranda W., Safarik D. Sustainable Tall Building Design Exemplars // *CTBUH Journal* 2021 Issue III. Mulgrave: Images Publishing Dist Ac, 2021. p. 11-19. URL: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/4490-sustainable-tall-building-design-exemplars.pdf> (дата обращения 19.12.2022).

References

1. Brodach M.M. *Inzhenernoye oborudovaniye vysotnykh zdaniy* [Engineering equipment of high-rise buildings]. Moscow, AVOK-PRESS, 2007, 320 p.
2. Granik Y.G., Magay A.A. *Arkhitekturno-konstruktivnyye osobennosti vysotnykh zdaniy za rubezhom* [Architectural and design features of high-rise buildings abroad]. Information collection «Unique and special technologies in construction». Issue 1(23). Moscow, Architectural and Construction Center «House on Brestskaya», 2004. Available at: <https://www.fractr.org/file/649106/>
3. Molodkin S.A. *Pprintsipy formirovaniya arkhitektury energoeffektivnykh vysotnykh zhilykh zdaniy* [Principles for the formation of the architecture of energy-efficient high-rise residential buildings. Dis. PhD]. Moscow, MARCHI, 2007, 142 p.
4. Semikin P.P. *Pprintsipy formirovaniya arkhitektury vysotnykh zdaniy s vozobnovlyayemyimi istochnikami energii* [Principles of formation of the architecture of high-rise buildings with renewable energy sources. Dis. PhD]. Moscow, MARCHI, 2014, 153 p.
5. Sukhinina E.A. *Istoriya vozniknoveniya i praktika primeneniya ekologicheskikh standartov v arkhitekture i stroitel'stve* [The history of the emergence and practice of applying environmental standards in architecture and construction. A monograph]. Saratov, Sarat. state tech. un-t., 2022, 244 p.
6. Sukhinina E.A. Comparison of environmental assessment methods for «green» standards in construction. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2022, no. 2(59), 294-316 p. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/20_sukhinina.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-2-294-316

7. Tabunshchikov Y.A., Brodach M.M., Shilkin N.V. *Energoeffektivnyye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Moscow, AVOK-PRESS, 2003, 200 p.
8. Easton M. How to Ensure Tall Buildings Are Built to Last? CTBUH Journal 2021 Issue III. Mulgrave: Images Publishing Dist Ac, 2021. p. 55. Available at: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/4498-how-to-ensure-tall-buildings-are-built-to-last.pdf>
9. Miranda W., Safarik D. Sustainable Tall Building Design Exemplars. CTBUH Journal 2021 Issue III. Mulgrave: Images Publishing Dist Ac, 2021. p. 11-19. Available at: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/4490-sustainable-tall-building-design-exemplars.pdf>

ОБ АВТОРЕ

Болдырева Полина Сергеевна

Аспирант кафедры «Архитектура промышленных сооружений», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

polinagreen95@gmail.com

ABOUT THE AUTHOR

Boldyreva Polina S.

Postgraduate Student of the Department of Architecture of Industrial Structures, Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

polinagreen95@gmail.com