

УДК 69.032.22

## МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

**А.А. Корсунцева**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

**Аннотация.** Высотные здания являются символом современного строительства. На примере высотных зданий из разных стран мира рассмотрены основные тенденции в области высотного строительства: экологичность, многофункциональность, высотность и оригинальность исполнения небоскребов. Проведен анализ научных публикаций, в ходе которого выявлены наиболее часто встречающиеся вопросы, касающиеся проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий: конструктивные и объемно-планировочные решения, использование «зеленых» технологий, обеспечение безопасной эвакуации людей, особенности систем оповещения, защиты и предотвращения пожаров, использование энергосберегающего остекления, проектирование высотных зданий в сейсмических районах, применение BIM-технологий в проектировании высотных зданий и др. Уже сегодня строительные технологии позволяют возводить высотные сооружения до нескольких километров высотой, но в таких зданиях пока нет необходимости. Различия в строительстве и архитектуре небоскребов становятся более заметными, однако невозможно представить, какие небоскребы будут появляться в будущем, даже зная нынешние тенденции развития высотного строительства.

**Ключевые слова:** высотное строительство, высотные здания, небоскребы, многоэтажные здания, уникальные здания, архитектурные решения, Лахта Центр, Москва-Сити.

**Ссылка для цитирования:** Корсунцева А.А. Мировые тенденции строительства высотных зданий // Инженерные исследования. 2022. № 1(6). С. 27-32. URL: <http://eng-res.ru/archive/2022/1/27-32.pdf>

## WORLD TRENDS IN CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS

**A.A. Korsuntseva**

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)*

**Abstract.** High-rise buildings are a symbol of modern construction. On the example of high-rise buildings from around the world, the main trends in the field of high-rise construction are considered: environmental friendliness, versatility, height and originality of skyscrapers. The analysis of scientific publications was carried out, during which the most frequently encountered issues related to the design, construction and operation of high-rise buildings were identified: structural and space-planning solutions, the use of "green" technologies, ensuring the safe evacuation of people, features of warning systems, protection and fire prevention, the use of energy-saving glazing, the design of high-rise buildings in seismic areas, the use of BIM technologies in the design of high-rise buildings, etc. Already today, building technologies allow the construction of high-rise structures up to several kilometers high, but such buildings are not yet needed. Differences in the construction and architecture of skyscrapers are becoming more noticeable, but it is impossible to imagine what kind of skyscrapers will appear in the future, even knowing the current trends in the development of high-rise construction.

**Keywords:** high-rise construction, high-rise buildings, skyscrapers, unique buildings, architectural solutions, Lakhta Center, Moscow City.

**For citation:** Korsuntseva A.A. World trends in construction of high-rise buildings // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2022. No. 1(6). Pp. 27-32. URL: <http://eng-res.ru/archive/2022/1/27-32.pdf>

## ВВЕДЕНИЕ

Высотное здание – это уникальное инженерное сооружение, испытывающее постоянное воздействие окружающей среды, а также внутренних строительных и эксплуатационных нагрузок. В каждом случае при проектировании небоскрёба принимается отдельное техническое решение в соответствии с требованиями, которые установлены международными или же национальными стандартами.

Небоскрёбы чаще всего относят к проектам самого высокого уровня ответственности и класса надежности. Их сложность напрямую зависит от высоты планируемого здания, что требует привлечения участия в проекте различных групп специалистов из разных областей. Высотная застройка осуществляется практически по всей территории планеты. Большая плотность населения городов и невозможность их дальнейшего расширения стали главной причиной появления небоскрёбов.

Возведение высотных зданий требует повышенных мер по пожарной безопасности. В связи с этим, в научной литературе один из наиболее часто встречающихся вопросов, касающихся высотных зданий - проблема обеспечения безопасной эвакуации людей, в том числе маломобильных групп населения [1, 2]. Перминов Е.М., Ермоленко А.А., Портнова Т.А., Абдулина Е.Р., Чеберяк В.В., Реутов Д.В., Беликов Д.Ю., Омелаева А.А. в своих исследованиях рассмотрели конструктивные и объемно-планировочные решения, особенности систем оповещения, защиты и предотвращения пожаров [3-6]. Гравит М.В., Гавриленко Б.А., Бабаев Р.А., Розов А.П. провели натурный эксперимент по эвакуации [7]. Также среди публикаций, касающихся высотных зданий, встречаются работы, посвященные «зеленым» технологиям, энергосберегающему остеклению, проектированию высотных зданий в сейсмических районах, применению BIM-технологий в проектировании высотных зданий и др. [8-12].

## ЗАРОЖДЕНИЕ НЕБОСКРЕБОВ

С началом интенсивного развития промышленности и концентрации населения в городах появилась необходимость возведения большого количества многоэтажных и высотных зданий. Чикаго стал первым городом, в котором в конце XIX в. появились небоскрёбы. Строительство высотных зданий в 12-16 этажей привело к некоторым сложностям при их эксплуатации. В первую очередь это коснулось водяных насосов, которые в то время могли подавать воду лишь на высоту 15 м. Также подъем выше 5-7 этажей был слишком сложным, однако изобретение безопасного лифта и более мощных насосов позволили увеличить высоту зданий до 100 метров и более. Самые первые многоэтажные здания были построены из кирпича, всю несостоятельность такого строительства показало возведение в 1891 г. 16-этажного здания Monadnock (рис.1) с толщиной наружной стены 1,8 м.



**Рис. 1.** Здание Monadnock Building<sup>1</sup>  
**Fig. 1.** Monadnock Building



**Рис. 2.** Здание Уэйнрайт Луи Салливана<sup>2</sup>  
**Fig. 2.** Louis Sullivan's Wainwright Building

<sup>1</sup> A walk around Chicago's loop [Электронный ресурс]. – URL <https://www.newgeography.com/content/006083-a-walk-around-chicago-s-loop> (дата обращения: 15.10.2021)

<sup>2</sup> Wainwright Building [Электронный ресурс]. – URL: <https://interactive.wttw.com/tenbuildings/wainwright-building> (дата обращения: 15.10.2021)

Луис Салливан стал одним из первых теоретиков высотного строительства, который сформулировал пять самых основных принципов возведения высотных и многоэтажных зданий. Стоит отметить, что их до сих пор использует множество современных архитекторов. Первый этаж – подземный, в котором должны обязательно находиться бойлерные, силовые установки и инженерное оборудование, которое обеспечивает здание энергией и теплом. Второй этаж (а по сути - первый) отдаётся в распоряжение банков, магазинов и иным заведениям, которым необходимо большое пространство, много света, яркие витрины и легкий доступ с улицы. Третий – второй этаж имеет не меньше света и простора, чем первый, так как он легко достижим с помощью лестниц. Четвертый – между вторым и самым верхним этажом обычно находятся офисные помещения, ничем неотличающиеся друг от друга по планировке. Пятый – самый верхний этаж является техническим. Здесь находится система вентиляции и другое оборудование. Свои принципы Салливан совместно с Адлером подтвердил в проекте «Гаранти Траст билдинг» в Буффало (рис. 2).

Магазины и банк разместились на первом и втором этажах, верхний этаж отведен для установки необходимого оборудования, а десять этажей между ними заняты офисными помещениями с одинаковым планировочным решением.

Проектирование и строительство высотных зданий с течением времени претерпевали изменения. Изобретения в области строительства, новые технологии, изменения в законодательстве и архитектурных стилях оставили свой след в строительстве высотных зданий.

### ВЫСОТНОСТЬ

Рост этажности - ответ на дефицит и дороговизну земли в наиболее привлекательных городских районах [13, 14]. Борьба за лидерство в строительстве самых высоких зданий с каждым годом набирает всё большую интенсивность. Ранее запредельная цифра высоты сооружения в 200 м уже давно стала нормальной. На сегодняшний день в мире почти полторы тысячи небоскребов имеет высоту более 200 м. Сегодня самым высоким зданием на планете является Jeddah Tower (рис.3), которое располагается в Саудовской Аравии. Его высота – 1007 м. За ним следует Burj Khalifa - одна из главных достопримечательностей ОАЭ, высотой 828 м (рис.4). Существуют технологии сверхвысоких зданий, но применяются они пока не так широко в виду их дороговизны.



**Рис. 3.** Джидда Тауэр<sup>3</sup>  
**Fig. 3.** Jeddah Tower



**Рис. 4.** Бурдж-Халифа<sup>4</sup>  
**Fig. 4.** Burj Khalifa

<sup>3</sup> Управляющая компания Jeddah Tower выбрала Guardian Glass в качестве поставщика стекла для фасадного остекления небоскреба высотой более одного километра [Электронный ресурс]. – URL: <https://archi.ru/tech/85525/skoro-steklo-guardian-glass-na-fasade-buduschego-samogo-vysokogo-neboskreba-jeddah-tower>: 23.10.2021)

<sup>4</sup> 15 interesting Facts about Burj Khalifa [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.swedishnomad.com/facts-about-burj-khalifa/> (дата обращения: 25.10.2021)

Что касается России, то здесь лидером является башня Лахта Центра (рис.5) в Санкт-Петербурге, высотой 462 м [15]. Следом идут башня «Федерация» (373 м) и комплекс «Око» (354 м), входящие в комплекс зданий Московского международного делового центра «Москва-Сити» (рис.6).



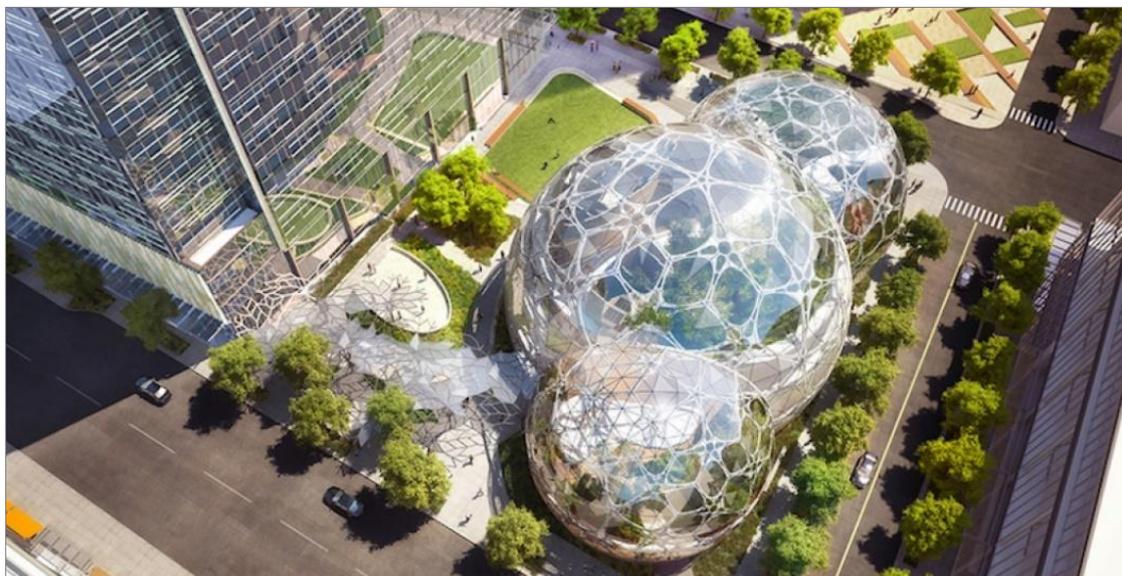
**Рис. 5.** Лахта Центр<sup>5</sup>  
**Fig. 5.** Lakhta Center



**Рис. 6.** Москва-Сити<sup>6</sup>  
**Fig. 6.** Moscow City

### ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Строительство абсолютно любого небоскреба планируется заранее, примерно за десятки лет. Именно поэтому архитекторы стараются использовать в них самые новые технологии, которые не устареют на момент сдачи здания. Одно из важных направлений при этом - экологичность и энергоэффективность. Проектные решения чаще всего направлены на минимизацию теплопотерь здания, максимальное использование естественного освещения, экономию электроэнергии и задействование альтернативных энергетических источников. В качестве примера применения такого подхода можно привести кампус компании Amazon в Сиэтле (рис.7).



**Рис. 7.** Кампус Amazon в Сиэтле<sup>7</sup>  
**Fig. 7.** Amazon campus in Seattle

<sup>5</sup> Петербургский «Лахта Центр» получил разрешение на ввод в эксплуатацию [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5bc65dd29a79471af83a66f9> (дата обращения: 17.10.2021)

<sup>6</sup> Строительство многофункционального комплекса «Федерация» в деловом центре «Москва-Сити» [Электронный ресурс]. – URL: <https://rbc.ru/ru/projects/stroitelstvo-mnogofunkczionalnogo-kompleksa-federacziya-v-delovom-centre-moskva-siti/> (дата обращения: 17.10.2021)

<sup>7</sup> Amazon создал новое место для отдыха сотрудников: экскурсия по «шарам Безоса» [Электронный ресурс]. – URL: <https://kfund-media.com/ru/amazon-sozdal-novoe-mesto-dlya-otdyha-sotrudnykov-ekskursiya-po-sharam-bezosa/> (дата обращения: 20.10.2021)

### МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Особо важное значение имеет функциональность многоэтажных зданий. Традиционно, на первых этажах обычно располагаются торговые помещения, выше - офисные, еще выше - жилые, однако есть и более интересные варианты с зелеными и пешеходными зонами, развлекательными центрами.

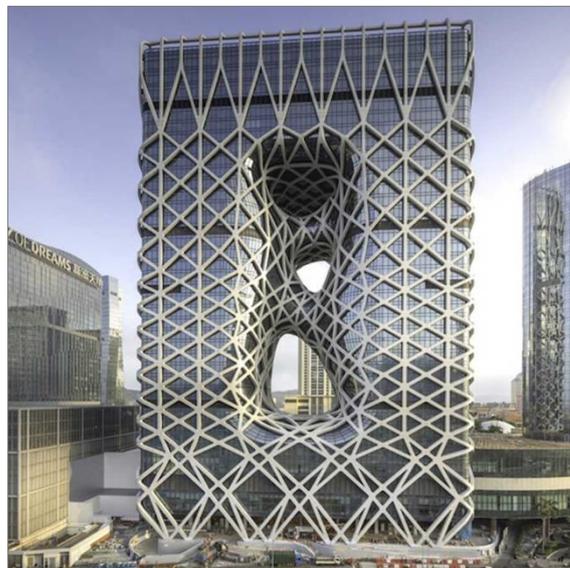
Большинство высотных зданий относительно недавно строили в основном для размещения офисных помещений. Но такой подход стал причиной того, что по ночам эти здания пустовали. Это вызвало необходимость в поиске дополнительного функционала, который позволил бы решить эту проблему, используя здание круглосуточно. Решение было найдено – размещение общественных зон внутри небоскреба либо в непосредственной близости от него. Один из примеров - реконструкция территории бывшего выставочного комплекса Fiera Milano. Половину нового района City Life (рис.8) занимают зеленые зоны, все надземное – пешеходные зоны. Предусмотрено значительное количество объектов питания, отдыха и развлечений.

### ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

Стандартный облик большинства высоток прошлого сменилась другим трендом: началась эпоха суперзданий. Архитекторы прикладывают много усилий, когда придумывают проекты известных всему миру в будущем зданий. Примеров, действительно, много. Так, Zaha Hadid Architects возводит в Макао Morpheus Hotel (рис.9) - небоскреб свободной формы с экзоскелетом (внешним несущим каркасом).



**Рис. 8.** Район City Life<sup>8</sup>  
**Fig. 8.** City Life Area



**Рис. 9.** Гостиница Morpheus<sup>9</sup>  
**Fig. 9.** Morpheus Hotel

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние десятилетия строительство уникальных высотных зданий стало уже устойчивой тенденцией. Высотное строительство является одним из важнейших звеньев современного интенсивного строительства городов. Возможно, через несколько десятилетий никого не смогут удивить здания высотой в несколько километров, однако сегодня небоскрёбы можно встретить лишь в больших городах.

Уже сегодня строительные технологии позволяют возводить высотные сооружения до трёх километров высотой, но в таких зданиях пока нет необходимости, ведь, прежде всего, это довольно сложно и дорого реализовать. Поэтому большая часть современных небоскребов составляет в среднем не более 500 метров. Однако и строительство таких зданий довольно сложный процесс, требующий принятия сложных технических решений [16].

<sup>8</sup> City Life commercial premises [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gae-engineering.com/en/project/city-life-commercial-premises-2/> (дата обращения: 27.10.2021)

<sup>9</sup> Гостиница Morpheus [Электронный ресурс]. – URL: <https://archi.ru/projects/world/8562/gostinica-morpheus> (дата обращения: 26.10.2021)

Рост современных городов вверх должен формировать многофункциональные высотные центры, которые должны быть насыщены разнообразными функциями, а также предусматривать наличие общественных рекреационных пространств на высоте для комфортной и здоровой жизни.

В последние годы различия в строительстве и архитектуре небоскребов становятся более заметными. Невозможно представить, какие небоскребы будут появляться в будущем, даже зная нынешние тенденции развития высотного строительства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бареев В.И., Иванова Е.В. Проблема обеспечения безопасной эвакуации маломобильных групп населения из высотных зданий // Вестник научных конференций. 2020. № 2-2 (54). С. 20-22.
2. Гравит М.В., Карькин И.Н., Дмитриев И.И., Кузенков К.А. Моделирование процесса эвакуации из высотных зданий и сооружений с использованием пассажирских лифтов // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 2. С. 66-80.
3. Перминов Е.М. Обеспечение пожарной безопасности высотных зданий // Инженерные исследования. 2021. № 3 (3). С. 15-21. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/3/15-21.pdf>
4. Ермоленко А.А., Портнова Т.А., Абдулина Е.Р. Безопасность эвакуации людей, находящихся в высотных зданиях // В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения безопасности в техносфере и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 77-79.
5. Чеберяк В.В. Безопасность эвакуации людей, находящихся в высотных зданиях // Трибуна ученого. 2020. №6. С. 209-212.
6. Реутов Д.В., Беликов Д.Ю., Омелаева А.А. Средства спасения с высотных уровней зданий и сооружений // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2021. № 1 (8). С. 308-319.
7. Гравит М.В., Гавриленко Б.А., Бабаев Р.А., Розов А.П. Верификация расчетного времени эвакуации в высотном здании // В книге: Ройтмановские чтения. Сборник материалов VIII научно-практической конференции. Под редакцией Б.Б. Серкова. 2020. С. 19-23.
8. Шеина С.Г., Ульяновская В.В. Зеленые технологии в высотных уникальных зданиях // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2018. Материалы национальной научно-практической конференции. 2018. С. 580-581.
9. Гамаюнова О.С., Гумерова Э.И. Энергосберегающее остекление как метод повышения энергоэффективности высотных зданий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2018. С. 339-341.
10. Халикова А.С., Гамаюнова О.С. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах // Инженерные исследования. 2021. № 5 (5). С. 31-38. URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/5/31-38.pdf>
11. Чесноков А.С., Тарасов А.А. Применение BIM-технологий при проектировании высотных зданий // Строительство и недвижимость. 2018. № 2-1 (3). С. 125-128.
12. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 115-123.
13. Ptuhina I., Spiridonova T., Musorina T., Kanyukova S., Rezvaia A. Efficiency of urban development under high-rise construction of districts // В сборнике: MATEC Web of Conferences. Editor V. Murgul. 2016. С. 01049.
14. Ptuhina I., Spiridonova T., Musorina T. Performance evaluation of high-rise complex construction depending on building site placement // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 153-159.
15. Sviridenko V., Novik A., Jos V. The concept of a footbridge, that leading to the Lakhta Center // AlfaBuild. 2019. № 1 (8). С. 27-36.
16. Булатов Г.Я., Костюкова А.Ю. Новые технологии фундаментостроения для высотных зданий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 4 (63). С. 227-233.

#### ОБ АВТОРАХ

**Анна Анатольевна Корсунцева** – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: [korsuntseva.aa@edu.spbstu.ru](mailto:korsuntseva.aa@edu.spbstu.ru)

#### ABOUT THE AUTHORS

**Anna A. Korsuntseva** – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: [korsuntseva.aa@edu.spbstu.ru](mailto:korsuntseva.aa@edu.spbstu.ru)