

Высотное строительство всегда находилось на переднем крае строительных технологий и поэтому сопровождалось высокой степенью риска. Ни технические, ни экономические, ни эстетические эффекты от строительства сверхвысотных зданий не могут быть гарантированы. Авторами статьи проведен опрос специалистов в архитектурно-строительной сфере города Аммана (Иордания). Целью опроса было выявление того, как респонденты относятся к будущему высотного строительства в Аммане. Показана как перспективность данного направления, так и необходимость более осторожного и продуманного отношения к нему.

Ключевые слова: архитектура; история; небоскребы; будущее; Амман; Иордания. /

High-rise construction has always been at the forefront of construction technology and therefore accompanied by a high degree of risk. Neither the technical, economic nor aesthetic effects of super high-rise buildings can be guaranteed. The authors of this article conducted a survey of professionals in the architectural and construction industry in the city of Amman, Jordan. The purpose of the survey was to identify how the respondents feel about the future of high-rise construction in Amman. Both the prospect of this direction and the need for a more cautious and thoughtful attitude towards it are shown.

Keywords: architecture; history; skyscrapers; future; Amman; Jordan.

Будущее небоскребов / The future of skyscrapers

текст

Хайфа Бани Исмаил
Иорданский университет
(Амман, Иордания)
Джихад Аль-Амери
Иорданский университет
(Амман, Иордания)
Мохаммад Асиф
Иорданский университет
(Амман, Иордания)
Эхаб Мохаммад
Абу-Ханнуд
Национальный
университет Ан-Наджа
(Наблус, Палестина)

text

Haifaa Bani Ismail
The University of Jordan
(Amman, Jordan)
Jehad Alameri
The University of Jordan
(Amman, Jordan)
Mohammad Wasef
The University of Jordan
(Amman, Jordan)
Ehab Mohmmad
Abu-Hannoud
An-Najah National
University (Nablus,
Palestine)

Высота – вечное стремление

Стремление построить что-то такое, что поможет оторваться от горизонтали и подняться над ней, по-видимому, присуще человеку с древнейших времен. Самый старый из сохранившихся до наших времен «небоскреб» находится в 15 км от современного турецкого города Шанлыурфа и называется «Пузатый Холм» (Гёбекли-тепе). Это строение высотой около 9 м включает несколько круглых башен из массивных каменных блоков, каменные скамьи, скульптуры кабанов и лис. Все это было сооружено около 9 тысяч лет назад, в среднем неолите. Примерно через тысячу лет после возведения комплекс был намеренно засыпан песком, благодаря чему и сохранился до наших дней [1].

Восемь тысяч лет назад жители Иерихона, обороняясь от набегов кочевников-бадави, возвели огромную по тем временам стену. Одна из башен уцелела до наших времен, хотя и ушла в землю на всю свою восьмиметровую высоту. Возможно, башня играла роль устрашения: для холмистой палестинской равнины ее высота выглядела действительно впечатляющей [2].

Где-то в промежутке между 2850 и 2540 годами до н. э. Египет, находясь на вершине своего могущества, построил Великую пирамиду фараона Хнум-Хуфу (больше известного под греческим именем Хеопс). Пирамида высотой 146 м стала одним из семи чудес света и оставалась самым высоким строением на Земле на протяжении четырех с лишним тысяч лет [3].

Новый подъем высотного строительства произошел в средневековой Европе в связи с расцветом стиля высокой готики. Готические соборы в городах Центральной и Западной Европы играли роль вертикальных акцентов в прижатом к земле силуэте средневековых городов и несли на себе образ «моста в небо». Каждый такой собор строился на протяжении столетий, постепенно впитывая в себя все технологические новшества, – впрочем, немногочисленные, так как Средневековье отличалось крайне медленным развитием технологий во всех сферах [4].

Пример значительного влияния высотных строений на городскую структуру мы находим в другом регионе. В середине первого тысячелетия до н. э. в Южной

Height is an eternal endeavour

The desire to build something that will help to break away from the horizontal and rise above it, apparently, is inherent in man since ancient times. The oldest surviving 'skyscraper' is located 15 kilometres from the modern Turkish town of Şanlıurfa and is called the 'Bumpy Hill' (Göbekli Tepe). This structure is about 9 metres high and includes several round towers made of massive stone blocks, stone benches, sculptures of boars and foxes. All this was built about 9,000 years ago, in the Middle Neolithic period. About a thousand years after its construction, the complex was deliberately covered with sand, thanks to which it has survived to this day [1].

Eight thousand years ago the inhabitants of Jericho, defending themselves from the attacks of nomadic Badawi, built a huge wall for those times. One of the towers has survived to our times, although it has gone into the ground to its full eight-metre height. Perhaps the tower played the role of intimidation: for the hilly Palestinian plain its height looked really impressive [2].

Sometime between 2850 and 2540 BC Egypt, being at the top of its power, built the Great Pyramid of Pharaoh Khnum-Khufu (better known by his Greek name Cheops). The 146 m high pyramid became one of the Seven Wonders of the World and remained the tallest structure on Earth for more than four thousand years [3].

A new rise in high-rise construction occurred in medieval Europe in connection with the blossoming of the High Gothic style. Gothic cathe-

дравии, на территории современного Йемена, расцвела культура Хадрамаута. Искусно используя систему каналов и водохранилищ, древние йеменцы накапливали и бережно расходовали воду муссонных ливней. Постоянная угроза нашествия кочевников из пустыни Руб-эль-Хали заставила и их строить мощные укрепления. Так возник город Шибам. Зажатый между руслом вади (сухая река) и крепостными стенами, Шибам начал расти вверх. Образовалась первая на Земле сплошная высотная застройка: город состоит из зданий, расположенных кое-где почти вплотную, на расстоянии около двух метров. Башни выстроены из мадара – сырцового кирпича (глина с добавками соломы) на деревянном каркасе. Некоторые дома достигают 10–11 этажей (30 м). Каждый этаж – это квартира на одну семью. Когда молодые люди создавали новую семейную ячейку, они надстраивали еще один этаж, – так дом рос век за веком. Самое старое здание в Шибаме датируется 1609 годом. Надо заметить, что застройка Шибам упорядочена и продумана. Соблюдаются нормы инсоляции и вентиляции, через город проходит широкий проспект, от которого отходит равномерная сетка поперечных улиц. Город вот уже двадцать пять веков демонстрирует устойчивое развитие. Единственное, что грозит Шибаму это муссонные наводнения, которые иногда затапливают город и размывают глиняные «небоскребы». Последнее такое наводнение случилось в 2008 году и разрушило часть домов [5].

Приведенные примеры иллюстрируют не только вечное стремление человека к высотному строительству, но и готовность использовать для такого строительства самые передовые технологии своего времени.

Небоскребы – всегда эксперимент

Передовые технологии очевидно и неизбежно несут значительный элемент нового, неизвестного и непробованного. Этот тезис очень ярко иллюстрирует история строительства первых небоскребов в современном понимании этого слова. Вот как описывали сборку стального каркаса здания Крайслер-Тауэр газеты Нью-Йорка в 1930 году. Сборка ведется бригадами клепальщиков, каждая из четырех человек, роли внутри бригады четко распределены. «Повар» нагревает железную

dials in the cities of Central and Western Europe played the role of vertical accents in the silhouette of medieval cities pressed to the ground and carried the image of a 'bridge to the sky'. Each such cathedral was built over the centuries, gradually absorbing all technological innovations – however, not many, as the Middle Ages were characterised by extremely slow development of technology in all spheres [4].

We find an example of the significant influence of high-rise buildings on the urban structure in another region. In the middle of the first millennium BC in South Arabia, on the territory of modern Yemen, the Hadramawt culture flourished. By skilfully using a system of canals and reservoirs, the ancient Yemenis accumulated and carefully used the water of monsoon showers. The constant threat of nomadic invasion from the Rub al-Khali desert forced them to build powerful fortifications. This is how the city of Shibam came into being. Squeezed between the bed of the wadi (dry river) and the fortress walls, Shibam began to grow upwards. The first continuous high-rise building on Earth was formed: the city consists of buildings located in some places almost closely together, at a distance of about two metres. The towers are made of madar, a raw brick (clay with straw) on a wooden frame. Some houses reach 10-11 storeys (30 metres). Each floor is a single-family flat. When young people created a new family unit, they added another floor, so the house grew century after century. The oldest building in Shibama dates back to 1609. It should be noted that the development of Shibam is

orderly and well thought out. The norms of insolation and ventilation are observed, a wide avenue runs through the city, from which a uniform grid of transverse streets branches off. The city has demonstrated sustainable development for twenty-five centuries. The only thing that threatens Shibam is the monsoon floods that sometimes inundate the city and erode the clay 'skyscrapers'. The last such flood occurred in 2008 and destroyed some houses [5].

These examples illustrate not only the eternal human desire for high-rise construction, but also the willingness to use the most advanced technologies of their time for such construction.

Skyscrapers are always an experiment

Advanced technologies obviously and inevitably carry a significant element of the new, the unknown and the unproven. This thesis is very vividly illustrated by the history of construction of the first skyscrapers in the modern sense of the word. Here is how the assembly of the steel frame of the Chrysler Tower building was described by New York newspapers in 1930. Assembly is carried out by teams of riveters, each of four men, with roles within the team clearly assigned. 'Cook' heats a half-kilogram iron rivet in a special furnace installed here on the scaffolding of the building under construction. The hot rivet cannot be carried to the place where the beams are joined – the iron will have time to cool down. 'Cook' throws the rivet with pliers, very softly, strongly and accurately. 'Goalkeeper' must catch it on the fly, for this he has in his hands an or-

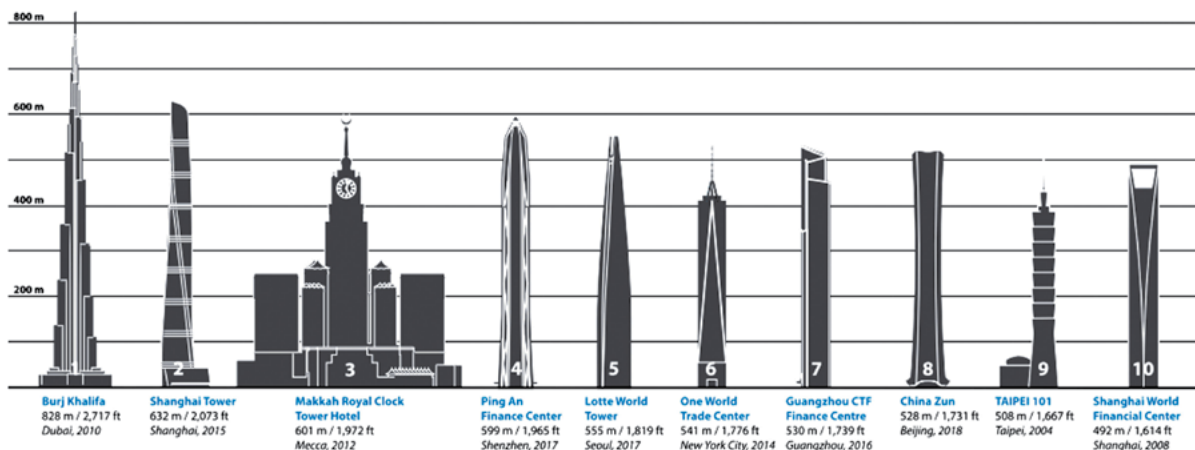
заклепку в полкилограмма весом в специальной печке, установленной тут же, на лесах строящегося здания. Раскаленную заклепку нельзя нести к месту соединения балок – железо успеет остыть. «Повар» бросает заклепку щипцами, очень мягко, сильно и точно. «Вратарь» должен поймать ее на лету, для этого у него в руках обычная жестяная банка. Если заклепка улетит вниз, она может убить случайного прохожего. Если «Вратарь» сорвется с лесов, то он упадет и разобьется. В это время «Стрелок» и «Упор» подготовили посадочное отверстие – совмещив, если нужно, тяжелые балки пневматическим молотом. «Вратарь», поймав заклепку, вынимает ее щипцами из банки, сбивает окалину и загоняет в отверстие. «Упор» упирается в шляпку заклепки массивным стальным инструментом и налегает на него всем телом. «Стрелок» поднимает пудовый пневматический молот и расклепывает заклепку с обратной стороны за 50–60 секунд. Вся эта последовательность операций, напоминающая смертельно опасный цирковой аттракцион, повторяется 200–500 раз в течение рабочей смены в зависимости от квалификации и «сыгранности» команды [6].

Почти сто лет спустя, в наше время, рекордно высокие здания по-прежнему являются уникальными экспериментами, требующими максимальной концентрации

инженерной мысли и смелого поиска новых решений. Уникальность каждого такого здания начинается с фундамента. Огромный вес небоскреба сосредоточен на относительно небольшой площади, и такое удельное давление способен выдержать только сплошной скальный грунт. Первые небоскребы в Чикаго и Нью-Йорке строились на фундаментах, для которых применялись кессонные технологии. Бетонное кольцо устанавливали на почве и вычерпывали изнутри грунт небольшим экскаватором. Под собственным весом кольцо погружалось все глубже, его надставляли сверху, и этот «вертикальный тоннель» рос, пока не упирался в сплошную скалу. Затем внутренний объем заполнялся бетоном.

По сходной технологии строились фундаменты некоторых небоскребов в ОАЭ и Саудовской Аравии, стоящих на песчаном грунте. В некоторых случаях под небоскребом отливается сплошная плита из бетона, как бы «плавающая» на слабом грунте. Так, здание Московского государственного университета опирается на плиту шестиметровой толщины, а здание CN Tower в Торонто стоит на плите толщиной в 15 м.

Многие рекордные по высоте постройки имеют свайный фундамент. Под самым высоким в мире зданием «Бурдж-Халифа» находится почти 200 таких бетонных



< Рис. 1. Десять самых высоких зданий в мире (по данным СТБУН на 2023 год) /

Figure 1. The ten tallest buildings in the world (according to CTBUN data for 2023)

dinary tin can. If the rivet flies down, it can kill a bystander. If the 'Goalkeeper' falls off the scaffolding, he will fall and crash. In the meantime, 'Shooter' and 'Stab' have prepared the landing hole, aligning the heavy beams with a pneumatic hammer if necessary. 'Goalkeeper', after catching the rivet, takes it out of the can with pliers, knocks off the scale, and drives it into the hole. 'Stab' rests a massive steel tool on the rivet's head with the rivet's cap and pushes down on it with his whole body. 'Shooter' raises a pound pneumatic hammer and rivets the rivet from the back side in 50-60 seconds. This whole sequence of operations, reminiscent of a deadly circus attraction, is repeated 200-500 times during a working shift, depending on the skill and 'chemistry' of the team [6].

Almost a hundred years later, in our time, record high buildings are still unique experiments that require maximum concentration of engineering thought and bold search for new solutions. The uniqueness of each such building starts from the foundation. The enormous weight of a skyscraper is concentrated in a relatively small area, and such specific pressure can only be withstood by solid rocky soil. The first skyscrapers in Chicago and New York were built on foundations that used caisson technology. A concrete ring was placed on the ground and the soil inside was scooped out with a small excavator. Under its own weight, the ring would sink deeper and deeper, it would be added on top, and this 'vertical tunnel' would grow until it rested against solid rock. Then the inner volume was filled with concrete.

The foundations of some skyscrapers in the UAE and Saudi Arabia were built on sandy soil using a similar technique. In some cases, a solid slab of concrete is cast under the skyscraper, as if 'floating' on weak soil. For example, the Moscow State University building rests on a six-metre thick slab, while the CN Tower in Toronto stands on a 15-metre thick slab.

Many record-breaking buildings have pile foundations. Under the world's tallest building, the Burj Khalifa, there are almost 200 such concrete piles 45 metres long and 1.5 metres in diameter. Engineers often use combined foundations, combining piles and slabs. For example, the foundation of Korea's Lotte Super Tower consists of a 6.5-metre slab and 108 concrete piles ranging from 30 to 72 metres in length.

Many unique challenges arise and are addressed in the construction of each super-tall building. Such challenges as fire safety, water supply and waste disposal, protection against overheating and solar radiation, etc. are no longer solved by standard means and require unique approaches. For example, the Taipei 101 building in Shanghai is located in a typhoon zone. Periodically, the wind load here reaches significant values, especially in wind gusts.

It should be said that in strong winds, all skyscrapers sway. To compensate for the swaying, massive counterweights – dampers or outrigger systems are used to give the buildings additional horizontal rigidity. During the design process, the building model is tested in a wind tunnel, and recently, information modelling has been increasingly used.

опор длиной 45 м и диаметром 1,5 м. Часто инженеры применяют комбинированные фундаменты, сочетающие сваи и плиты. Так, фундамент корейского супернебоскреба Lotte Super Tower состоит из 6,5-метровой плиты и 108 бетонных свай длиной от 30 до 72 м.

Множество уникальных задач возникает и решает-ся при строительстве каждого сверхвысокого здания. Пожарная безопасность, обеспечение водой и вывоз мусора, защита от перегрева и солнечной радиации и т. д. – в случае небоскреба все эти задачи перестают решаться стандартными средствами и требуют уникальных подходов. Например, здание «Тайпэй 101» (Taipei 101) в Шанхае находится в зоне тайфунов. Периодически ветровая нагрузка здесь достигает значительных величин, особенно в порывах ветра.

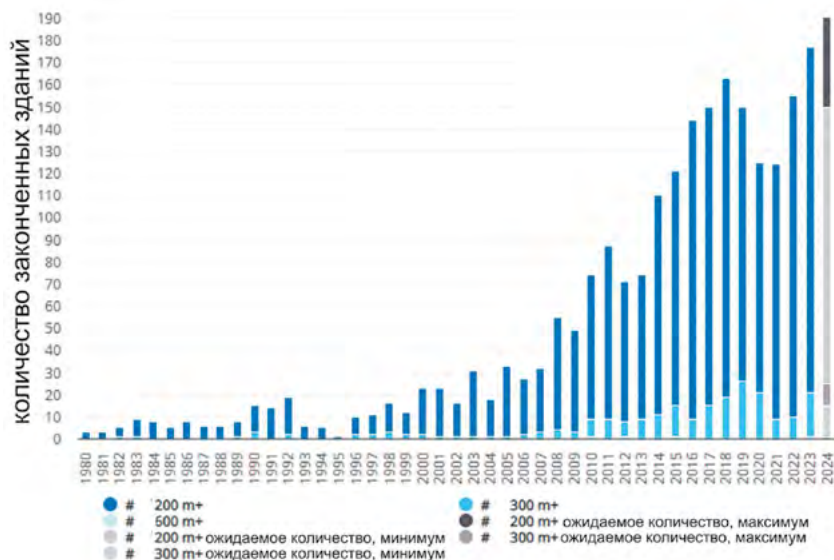
Надо сказать, что при сильном ветре все небоскребы раскачиваются. Для компенсации колебаний применяют массивные грузы-противовесы – демпферы или же аутриггерные системы, придающие зданиям дополнительную горизонтальную жесткость. В процессе проектирования

макет здания проходит испытания в аэродинамической трубе, а в последнее время все активнее используется информационное моделирование.

Здание «Тайпэй 101» облицовано гибкими панелями, которые под порывами ветра могут эластично прогибаться внутрь на глубину до 18 см, поглощая энергию ветра. Но главное ветрогасящее устройство – это огромный электромагнитный демпфер, расположенный в верхней части здания. Он представляет собой тысячетонный шар, сваренный из стальных пластин и подвешенный над толстой медной основой, на которой расположен набор сильных постоянных магнитов. Когда здание «пытается раскачиваться», в магнитном поле возникают сильные вихревые токи, тормозящие движения стального ядра. Вся система саморегулируется благодаря законам электродинамики и действует исключительно эффективно [7].

К сожалению, некоторые эксперименты по защите от ветра оканчивались дорогостоящей неудачей. Так, были предприняты попытки включить в конструкцию здания ветровые генераторы электричества (т. е. превратить ветровую нагрузку в полезную мощность). Построенный в Лондоне в 2010 году Strata SE1, также известный как «Бритва» (Razor), представляет собой 43-этажный жилой небоскреб с тремя турбинами на крыше, что делает здание похожим на электробритву. Ожидалось, что турбины будут генерировать 8% от общего энергопотребления здания. Похожие проекты были реализованы во Всемирном торговом центре Бахрейна в 2008 году, в проекте «Башня Жемчужной реки» – 71-этажный небоскреб в Гуанчжоу (2011) и т. д. Башня Гесса (Hess (Discovery) Tower) – 29-этажное здание в Хьюстоне – была построена в 2010 году и включала в себя десять турбин с вертикальной осью на крыше. Однако длительная эксплуатация турбин оказалась слишком дорогой и опасной. В большинстве построек турбины были остановлены после подсчета убытков, а турбины башни Discovery – после того как одна из лопастей оторвалась и упала на припаркованный возле здания автомобиль [8].

в Рис. 2. Динамика строительства небоскребов за 1980–2023 годы (по данным СТБУН) / Figure 2. Dynamics of skyscraper construction for 1980–2023 (according to СТБУН data)



The Taipei 101 building is clad with flexible panels that can elastically bend inwards to a depth of up to 18 cm under wind gusts, absorbing wind energy. But the main wind-dampening device is a huge electromagnetic damper located at the top of the building. It is a thousand-tonne ball welded from steel plates and suspended above a thick copper base on which a set of strong permanent magnets is located. When the building 'tries to sway', strong eddy currents arise in the magnetic field, slowing down the movements of the steel core. The whole system is self-regulating due to the laws of electrodynamics and is extremely efficient [7].

Unfortunately, some wind defence experiments have been costly failures. For example, attempts have been made to incorporate wind-powered electricity generators into building design (i.e., to turn wind load into useful power). Built in London in 2010, the Strata SE1, also known as the Razor, is a 43-storey residential skyscraper with three turbines on the roof, making the building look like an electric razor. The turbines were expected to generate 8% of the building's total energy consumption. Similar projects have been done in Bahrain's World Trade Centre in 2008, the Pearl River Tower project, a 71-storey skyscraper in Guangzhou (2011), etc. The Hess (Discovery) Tower, a 29-storey building in Houston, was built in 2010 and included ten vertical axis turbines on the roof. However, long-term operation of the turbines proved too expensive and dangerous. In most of the buildings, the turbines were shut down after losses were calculated, and the Discovery Tower turbines were shut down

Экономика высотного строительства

Вопрос о том, насколько выгодно строительство высотных и сверхвысотных зданий, не имеет однозначного решения. С одной стороны, по мере роста этажности сокращается удельная стоимость несущих конструкций и заполняющих материалов. На постройку сотни одноэтажных домов потребуется гораздо больше материалов, чем на один стоэтажный небоскреб. С другой стороны, вместе с высотой здания быстро растет стоимость вертикального транспорта (лифтов), инженерных сетей, пожарной и ветровой защиты и т. д. [9].

Распространенное мнение гласит, что небоскребы могут быть выгодными только в ситуации крайне высоких цен на землю. Стоимость аренды или продажи площадей в высотном здании зависит от множества параметров, например от близости участка под застройку к деловому центру города, от общего состояния рынка недвижимости и даже от уровня доверия инвесторов к конкретному девелоперу. Тем не менее чаще всего зависимость стоимости квадратного метра полезной площади от высоты здания изображается как U-образная кривая. При увеличении этажности удельная цена сначала падает, а затем начинает расти. Минимум располагается в самых разных точках – от пяти-шести этажей до 50. К тому же в некоторых случаях, особенно в быстро развивающихся регионах Ближнего Востока, эта зависимость может принимать более сложные формы [10].

Иногда взгляды на рентабельность небоскребов меняются очень быстро и решительно. После периода увлечения высотным строительством в Китае (до 2021 года) КПК приняла решение об ограничении высоты строящихся зданий. Было показано, что сверхвысокие здания не могут быть выгодными в большинстве регионов Китая, так что их строительство может быть обусловлено только неэкономическими факторами (соображениями престижа, амбициями местного руководства, корпоративными интересами девелопера и т. д.), что недопустимо в условиях плановой экономики. Поэтому здания выше 250 м могут быть построены только по специальному согласованию, а выше 500 м – запрещены однозначно [11].

Возможно, на решение правительства Китая повлияла теория гонконгского экономиста Эндрю Лоуренса. Его

after one of the blades broke off and fell on a car parked outside the building [8].

Economics of high-rise construction

The question of how profitable the construction of high-rise and super high-rise buildings is does not have an unambiguous solution. On the one hand, as the number of storeys increases, the unit cost of load-bearing structures and filling materials decreases. The construction of a hundred one-storey houses will require much more materials than one hundred-storey skyscraper. On the other hand, the cost of vertical transport (lifts), utilities, fire and wind protection, etc. increases rapidly with the height of the building. [9].

A common opinion states that skyscrapers can be profitable only in a situation of extremely high land prices. The cost of renting or selling space in a high-rise building depends on many parameters, such as the proximity of the building site to the business centre of the city, the general state of the real estate market, and even the level of investor confidence in a particular developer. Nevertheless, most often the dependence of the cost per square metre of usable area on the height of the building is depicted as a U-shaped curve. As the number of storeys increases, the unit price first falls and then starts to grow. The minimum is located at various points – from five or six storeys up to 50. Moreover, in some cases, especially in the rapidly developing regions of the Middle East, this dependence can take more complex forms [10].

наблюдения получили название «индекс небоскреба» (хотя многие аналитики сразу заговорили о «проклятье небоскребов»). Согласно теории Лоуренса (1999), здания рекордной высоты проектируются и строятся на пике регионального экономического цикла. Но так как максимальный экономический подъем обычно предшествует резкому спаду, то рекордные небоскребы становятся индикаторами приближающегося кризиса.

Знаменитой Банковской панике 1907 года предшествовало строительство в Нью-Йорке Зингер-билдинг (Singer Building) – самого высокого здания в мире высотой 186,5 м, открытого в 1908 году, и Метрополитен-Лайф-Тауэр (Metropolitan Life Tower) – следующего самого высокого здания в мире высотой 213 м, открытого в 1909 году.

Следующий рекорд – Крайслер-билдинг (Chrysler Building) высотой 320 м, заложенный в 1928 и открытый в 1930 году, – продержался меньше года. Строительство знаменитого Эмпайр-стейт-билдинг (Empire State Building) высотой 443 м началось в 1929 и завершилось в 1931 году. Тем временем наступила Великая депрессия, а за ней – Вторая мировая война, и Эмпайр-стейт-билдинг на сорок лет остался самым высоким зданием в мире.

В наши дни знаменитые «Башни-близнецы» (Petronas) в Малайзии высотой 451,9 м были заложены в 1992 году, а сданы в эксплуатацию уже в 1998-м, через год после того, как азиатские страны накрыл Азиатский финансовый кризис. Группа небоскребов «Москва-Сити» была заложена в 1996 году, а уже через два года случился дефолт, который чуть не загубил этот проект. Самое высокое здание мира – «Бурдж-Халифа» (828 м) – было начато в 2004 году, а открыто в 2010-м, в разгар мирового финансового кризиса 2008 года.

Новый претендент на рекорд – километровая башня «Джидда» в Саудовской Аравии, которая начала строиться в 2013 году. Ее планировали сдать в 2018-м, потом открытие перенесли на 2019 год, но началась пандемия коронавируса, вызвавшая уже глобальный экономический кризис [12].

Тем не менее, несмотря на все зловещие знаки, строительство высотных зданий расширяется. 2023 год

Sometimes views on the profitability of skyscrapers change very quickly and decisively. After a period of fascination with high-rise construction in China (until 2021), the CCP decided to limit the height of buildings under construction. It was shown that super-tall buildings cannot be profitable in most regions of China, so that their construction can only be driven by non-economic factors (prestige considerations, ambitions of local leadership, corporate interests of the developer, etc.), which is unacceptable in a planned economy. Therefore, buildings higher than 250 m can be built only by special approval, and buildings higher than 500 m are explicitly prohibited [11].

Perhaps the Chinese government's decision was influenced by the theory of Hong Kong economist Andrew Lawrence. His observations were called the 'skyscraper index' (although many analysts immediately spoke about the 'curse of skyscrapers'). According to Lawrence's theory (1999), buildings of record height are designed and built at the peak of the regional economic cycle. But since maximum economic growth usually precedes a sharp downturn, record skyscrapers become indicators of an approaching crisis.

The famous Bank Panic of 1907 was preceded in New York by the Singer Building, the world's tallest building at 186.5 metres opened in 1908, and the Metropolitan Life Tower, the next tallest building in the world at 213 metres opened in 1909.

The next record, the 320-metre high Chrysler Building laid in 1928 and opened in 1930, lasted less than a year. Construction of the famous Empire State Building, 443 metres high, began in 1929 and was completed in 1931. In the meantime, the Great Depression came, followed by the Second World War, and the Empire State Building remained the tallest building in the world for forty years.

Nowadays, the famous Twin Towers (Petronas) in Malaysia with a height of 451.9 metres were laid in 1992 and commissioned in 1998, a year after the Asian countries were hit by the Asian financial crisis. The Moscow City skyscraper group was laid in 1996, and two years later there was a default, which almost ruined this project. The tallest building in the world, Burj Khalifa (828 m), was started in 2004 and opened in 2010, at the height of the global financial crisis in 2008.

A new contender for the record is the kilometre-long Jeddah Tower in Saudi Arabia, which began construction in 2013. It was planned to be commissioned in 2018, then the opening was postponed to 2019, but the coronavirus pandemic began, causing the global economic crisis [12].

Nevertheless, despite all the ominous signs, high-rise construction is expanding. The year 2023 was a record year in terms of the number of projects completed, with 177 skyscrapers 200 metres or more tall being built, a 14.2 per cent increase on 2022. A total of 2,269 buildings over 200 metres tall and 232 supertall buildings (300 metres and above) were completed globally by 2023. In comparison, the first 100 of these

стал рекордным по количеству завершённых проектов: было построено 177 небоскребов высотой 200 м и более, что на 14,2 процента больше, чем в 2022 году. Всего в мире к 2023 году построено 2269 зданий высотой более 200 м и 232 сверхвысоких здания (300 м и выше). Для сравнения: первые 100 из этих сверхвысоких зданий были построены к 2015 году, а остальные 132 – за последующие за семь лет. Кроме того, к 2015 году была построена первая тысяча зданий высотой 200 м и выше, а сейчас их количество увеличилось более чем вдвое. В сфере высотного строительства безоговорочно лидирует Китай, хорошие результаты также показывает ОАЭ, Индия, Малайзия, другие страны, в том числе Узбекистан. Согласно прогнозу Совета по высотным зданиям и городской среде (СТВУН), ожидается, что к 2024 году будет завершено строительство не менее 150 небоскребов высотой 200 м, а еще 190 высотных зданий начнут строиться, причем от 15 до 25 из них будут выше 600 м [13].

Приведенные факты позволяют сделать следующий вывод: до сих пор нет надежного и общепризнанного способа однозначной оценки экономической обоснованности строительства небоскребов. В каждом отдельном случае локальные особенности – история и география города, динамика его развития, урбанистическая ситуация конкретной площадки под застройку, а также амбиции инвесторов, девелоперов и политиков – образуют уникальный комплекс причин, вызывающих к жизни проект строительства очередного небоскреба.

Настоящее и будущее небоскребов в Аммане

Небоскребами принято считать здания высотой 100 м и более (в Российской Федерации 75 м и более). Международная классификация небоскребов по высотности, разработанная и принятая СТВУН, основана на архитектурной высоте здания, т. е. высоте от уровня тротуара до наивысшей точки конструктивных элементов здания (включая шпили, но не включая антенны, вывески, флагштоки или другое функционально-техническое оборудование.). СТВУН выделяет собственно небоскребы (tall buildings) высотой от 100 до 300 м, супернебоскребы (supertalls) – от 300 до 600 м и меганебоскребы (megatalls) – свыше 600 м [13].

Согласно международной классификации, в Аммане на сегодняшний день имеется всего шесть зданий, которые можно назвать небоскребами. Все они построены после 2000 года и в основном находятся в небольшом районе Аль-Абдали, в самом центре Большого Аммана. Характер района парадоксален: это один из самых престижных и богатых районов города, но в нем также находится крупный лагерь палестинских беженцев Джабаль-эль-Хусейн.

Общий градостроительный облик Аммана образован, с одной стороны, плавным холмистым рельефом и сочетанием интенсивно-голубого неба с нежными персиковыми оттенками природного камня, которым облицованы многие здания. С другой стороны, в Аммане долгое время действовал запрет на строительство жилых домов, превосходящих по высоте четыре этажа над уровнем улицы. Первое здание в Аммане, превышающее по высоте 100 м, отель «Ле Рояль», выглядит в соответствии с традиционным обликом города. Его силуэт по пропорциям близок к квадрату, а облицовка близка по цвету к общей гамме города. Построенный на десять лет позже, Медицинский центр Аль-Абдали также вписан в традиционный облик Аммана: за счет сплошного остекления фасадов здание как бы растворяется в небе.

В то же время многие небоскребы Аммана резко выделяются и выглядят дерзко и вызывающе, например башни-близнецы «Башни Иорданских Ворот» (Jordan Gate Towers), также неофициально известные как «Башни шестого округа», или самое высокое здание Аммана – отель Amman Rotana.

Наше исследование было направлено на восприятие высотных зданий жителями Аммана, в основном архитекторами и строителями. Общее количество инженеров и архитекторов в Аммане составляет около тысячи человек. Первая часть исследования заключалась в анкетировании 260 человек по вопросу: влияют ли высотные здания на общий облик Аммана? В число респондентов вошли люди разных возрастных групп, профессий и пола. 100 человек из числа опрошенных были гражданами Иордании, а 160 – трудовыми мигрантами. Данные мы представили в виде пятимерной шкалы Лайкерта. Стабильность модели была рассчитана с использованием

super-tall buildings were built by 2015, and the remaining 132 were built over the following seven years. In addition, the first 1,000 buildings 200 metres tall and above were completed by 2015, and the number has now more than doubled. China is the unequivocal leader in high-rise construction, with the UAE, India, Malaysia and other countries, including Uzbekistan, also showing good results. According to the forecast of the Council on Tall Buildings and Urban Environment (CTBUH), it is expected that by 2024 at least 150 skyscrapers with a height of 200 m will be completed, and another 190 such buildings will begin construction, with 15 to 25 of them being higher than 600 m [13].

The above facts allow us to draw the following conclusion: there is still no reliable and universally recognised way to unambiguously assess the economic feasibility of skyscraper construction. In each individual case, local peculiarities – the history and geography of the city, the dynamics of its development, the urban situation of a particular building site, as well as the ambitions of investors, developers and politicians – form a unique set of reasons that bring to life the project of building another skyscraper.

The present and future of skyscrapers in Amman

Buildings with a height of 100 metres or more (75 metres or more in the Russian Federation) are considered to be skyscrapers. The international classification of skyscrapers by height, developed and adopted by CTBUH, is based on the architectural height of the building, i.e. the

height from the pavement level to the highest point of the structural elements of the building (including spires, but not including antennas, signs, flagpoles or other functional and technical equipment). CTBUH distinguishes between skyscrapers (tall buildings) from 100 to 300 metres in height, supertalls from 300 to 600 metres and mega skyscrapers (megatalls) over 600 metres [13].

According to international classification, there are only six buildings in Amman today that can be called skyscrapers. All of them were built after 2000 and are mostly located in the small neighbourhood of Al-Abdali, in the heart of Greater Amman. The character of the neighbourhood is paradoxical: it is one of the most prestigious and wealthy areas of the city, but it is also home to a major Palestinian refugee camp, Jabal al-Husseini.

On the one hand, Amman's overall urban appearance is shaped by its gently rolling topography and the combination of the intense blue sky and the delicate peach hues of the natural stone that clad many of the buildings. On the other hand, Amman has long had a ban on residential buildings exceeding four storeys above street level. The first building in Amman to exceed 100 metres in height, the Le Royale Hotel, is in keeping with the traditional look of the city. Its silhouette is close to a square in proportions and its cladding is close in colour to the general scheme of the city. Built ten years later, the Al-Abdali Medical Centre also fits

в Рис. 3. Отель Le Royale. Фото Дэвида Бьоргена /
Fig. 3. Le Royale Hotel. Photo by David Bjorgen

метода внутренней согласованности и путем вычисления альфа-коэффициента Кронбаха. Статистическая достоверность полученных результатов была проверена стандартными методиками для уровня значимости $\leq 0,05$. Дисперсия для всего массива данных сохранялась на среднем уровне.

Результат опроса однозначно показал: жители города Амман считают, что строительство небоскребов оказывает и будет оказывать значительное влияние на общий облик и образ жизни в городе. Это мнение одинаково для всех групп респондентов, независимо от пола, возраста, гражданства и профессии.

Вторая часть нашего исследования проводилась методом глубокого интервью с ведущими архитекторами Аммана, имеющими непосредственное отношение к высотному строительству. Обсуждался вопрос: в какой степени мы видим, что иорданское общество одобряет строительство высоких башен в Иордании? Приведем несколько характерных мнений.

Инженеры Рашид Аль-Ахмад и Хеба Рашид подтвердили, что до появления комплексного плана города Аммана, который включал определение трех районов для возведения башен, идентификация башен и высотных зданий зависела главным образом от политических и экономических оснований, далеких от научных, планировочных и архитектурных основ. Отсутствие правильного планировочного решения привело к появлению башен и высотных зданий в местах, совершенно неподходящих для такого типа застройки, что привело к дополнительным проблемам, с которыми Амман не столкнулся бы, если бы эти участки были тщательно выбраны с самого начала. Примеры таких зданий: отель «Ле Рояль» на третьем кольце, Башни Иорданских Ворот между пятым и шестым кольцами, башни в районе Аль-Абдали – все эти районы без исключения страдали от планировочных и организационных проблем еще до завершения строительства башен. Данные проблемы усугубятся после завершения строительства. Наиболее актуальные из них – постоянная перенаселенность, отсутствие парковок для автомобилей, загрязнение окружающей среды всех видов (загрязнение воздуха, шум, визуальное загрязнение), изменение



in with the traditional Amman skyline, with the building's solid glazed facades seeming to disappear into the sky.

At the same time, many of Amman's skyscrapers stand out sharply and look bold and defiant, such as the twin towers of the Jordan Gate Towers, also informally known as the Sixth District Towers, or the tallest building in Amman, the Amman Rotana Hotel.

Our study focused on the perceptions of tall buildings by Amman residents, mainly architects and builders. The total number of engineers and architects in Amman is about one thousand. The first part of the study consisted of a questionnaire survey of 260 people on the question: do high-rise buildings affect the overall appearance of Amman? The respondents included people of different age groups, professions and gender. 100 of the respondents were Jordanian nationals and 160 were migrant workers. We presented the data in the form of a five-dimensional Likert scale. The stability of the model was calculated using the internal consistency method and by calculating Cronbach's alpha coefficient. The statistical validity of the results was tested using standard methods for a significance level ≤ 0.05 . The variance for the whole data set was kept at the mean level.

The result of the survey unequivocally showed: the residents of Amman city believe that the construction of skyscrapers has and will have a significant impact on the overall appearance and lifestyle in the

city. This opinion is the same for all groups of respondents regardless of gender, age, nationality and occupation.

The second part of our research was conducted through an in-depth interview method with leading architects in Amman who are directly related to high-rise construction. The question discussed was: to what extent do we see Jordanian society approving of the construction of tall towers in Jordan? Here are some typical opinions.

Engineers Rashid Al-Ahmad and Heba Rashid confirmed that before the advent of the comprehensive plan for the city of Amman, which included the identification of three areas for the erection of towers, the identification of towers and high-rise buildings depended mainly on political and economic grounds, far from scientific, planning and architectural foundations. The lack of a proper planning solution has led to the appearance of towers and high-rise buildings in locations completely unsuitable for this type of development, leading to additional problems that Amman would not have faced if these sites had been carefully chosen from the beginning. Examples of such buildings include the Le Royale Hotel on the third ring, the Jordan Gate Towers between the fifth and sixth rings, and the towers in the Al-Abdali neighbourhood – all of these areas, without exception, suffered from planning and organisational problems even before the towers were completed. These problems will be exacerbated once construction is completed. The most pressing ones

идентичности архитектурного района и другие проблемы, связанные с отсутствием необходимой инфраструктуры.

Архитектор Маджди Абу Обейд подтвердил, что в строительстве высотных зданий в Аммане необходимо быть весьма осторожным: «Амман – горный город, и невозможно представить себе высокие здания на горных холмах, такие как Башни Иорданских Ворот в шестом округе, самом высоком районе Аммана». Абу Обейд вспоминает, что когда в восьмидесятых годах был построен Банковский комплекс Эскан, он подвергся большой критике из-за того, что был расположен на возвышенности и резко выделялся на общем фоне города. Абу Убайд, один из работников этого комплекса, когда он был построен, вспоминает: «Люди обычно говорили нам, что в Аммане была добавлена восьмая гора из-за большой высоты, которую она представляет. Следовательно,

необходимо более внимательно следить за районами высотных зданий».

Напротив, Джафар Тукан, проектировщик Башен Иорданских ворот, считает, что башни «являются реалистичным решением, обусловленным экономическими факторами, а не просто наличием выбора. Башни – это не один из множества возможных вариантов, они экономически неизбежны перед лицом огромного роста цен на землю. Инвестиции в землю будут и дальше наращивать свою интенсивность, но упорядоченность этого процесса зависит от наличия всеобъемлющего организационного плана для городов и городского планирования, а это – забота муниципалитета».

Инженер Расем Бадран также возложил на муниципалитет Аммана ответственность за неправильный выбор районов, таких как Абдали, в которых будут возведены



> Рис. 4. Башни Иорданских Ворот в процессе строительства / Figure 4. Jordan Gate Towers under construction

are permanent overcrowding, lack of car parking, pollution of all kinds (air pollution, noise pollution, visual pollution), changing the identity of the architectural district and other problems related to the lack of necessary infrastructure.

Architect Majdi Abu Obaid confirmed that great care must be taken in the construction of high-rise buildings in Amman: "Amman is a mountainous city, and it is impossible to imagine tall buildings on mountainous hills such as the Jordan Gate Towers in the sixth district, the highest neighbourhood in Amman." Abu Obaid recalls that when the Eskan Banking Complex was built in the eighties, it was heavily criticised because it was located on an elevated hill and stood out dramatically from the city. Abu Obaid, one of the workers of this complex when it was built, recalls, "People used to tell us that an eighth mountain was added to Amman because of the great height it represents. Consequently, the neighbourhoods of high-rise buildings need to be more closely monitored."

In contrast, Jafar Toukan, designer of the Jordan Gate Towers, believes that towers "are a realistic solution driven by economic factors, not just the availability of choices. Towers are not one of many possible options, they are economically inevitable in the face of huge increases in land prices. Investment in land will continue to increase in intensity, but the orderliness of this process depends on having a comprehensive organisational plan for cities and urban planning, and this is a municipal concern."

башни. Он говорит: «Мы все знаем, что это перенаселенный район, прилегающий к Джабаль-аль-Вейбде и Джабаль-аль-Хусейну (лагеря беженцев), которые являются районами с высокой плотностью заселения, и башни обязательно станут причиной транспортных заторов. <...> Именно поэтому я проектирую башни в районах, которые не перенаселены, и стремлюсь возродить такие почти необитаемые районы, как Дахийет-аль-Рашид. У нас есть обширные территории, которые не эксплуатируются должным образом, то же самое имеет место в районе Джордан-стрит, и поэтому мы можем подтолкнуть людей перебираться в эти места, вместо того чтобы удерживать их в переполненных районах».

Альтернативы высотного строительства в Аммане

Проведенные исследования показывают, что высотное строительство остается во многом рискованным и экспериментальным делом. Во многих случаях проектное решение является результатом взаимодействия противоречивых интересов инвесторов, городских властей, архитекторов и инженеров, людей, озабоченных охраной исторического облика городов и т. д. Очень часто воздействие, которое небоскреб оказывает на город, оказывается неожиданным и нежелательным. Строительство небоскребов остается делом, связанным с множеством рисков.

Тем не менее большинство реалистичных сценариев будущего включает строительство новых и, возможно, все более высоких зданий. Только тщательное изучение уже полученного опыта вместе с анализом как можно более широкого круга факторов, определяющих воздействие небоскребов на город – только этот путь позволит получить максимальную пользу, раскрыть все возможности высотных зданий и избежать связанных с ними катастроф.

Литература / References

1. Newman, H. (2023). *Göbekli Tepe and Karahan Tepe: The World's First Megaliths*. London: Bloomsbury Publishing, Wooden Books.
2. Liran, R., & Barkai, R. (2011). Casting a shadow on Neolithic Jericho. *Antiquity Project Gallery*, 85 (327). Retrieved from <https://antiquity.ac.uk/projgall/barkai327/>

Engineer Rasem Badran also held the Amman municipality responsible for the wrong choice of neighbourhoods, such as Abdali, in which to erect the towers. He says: "We all know that this is an overpopulated area adjacent to Jabal al-Weibda and Jabal al-Hussein (refugee camps), which are high-density areas, and the towers are bound to cause traffic congestion. <...> That is why I am designing towers in areas that are not overpopulated, and am keen to revitalise almost uninhabited areas such as Dahiet al-Rashid. We have vast areas that are under-utilised, the same is true in the Jordan Street area, and so we can encourage people to move to these places rather than keeping them in overcrowded areas."

Alternatives to high-rise construction in Amman

The studies conducted show that high-rise construction remains largely a risky and experimental endeavour. In many cases, the design decision is the result of the interaction of conflicting interests between investors, city authorities, architects and engineers, people concerned about the protection of the historical image of cities, etc. Very often the impact that a skyscraper has on a city is unexpected and undesirable. The construction of skyscrapers remains an endeavour with many risks.

Nevertheless, most realistic future scenarios include the construction of new and possibly increasingly taller buildings. Only a careful study of the experience gained so far, together with an analysis of the widest possible range of factors determining the impact of skyscrapers on the city, is the only way to maximise the benefits, unlock the full potential of tall buildings and avoid the catastrophes associated with them.

3. Ching, F. D. K., Jarzombek, M. M., & Prakash, V. (2017). *A Global History of Architecture* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
4. Wells, E. J. (2024). *Heaven on Earth: The Lives and Legacies of the World's Greatest Cathedrals*. NY: Apollo Publishers.
5. Damluji, S. S. (1993). *The Valley of Mud Brick Architecture: Shibam, Tarim and Wadi Hadramut (Ancient to Contemporary Design)*. Reading: Garnet Publishing.
6. Luce, H. R. (Ed.), & Bourke-White, M. (Photograph). (1930, July). Skyscrapers. *Fortune*, *Ii*(1), 3-26.
7. Al-Kodmany, K., Du, P., & Ali, M. M. (Eds.). (2022). *Sustainable High-Rise Buildings: Design, technology, and innovation*. Futures Place, Stevenage: The Institution of Engineering and Technology.
8. Barr, J. M. (2019, December 19). *Mining the Wind? The Economics of Wind Turbines on Skyscrapers*. Building the skyline. Retrieved from <https://buildingtheskyline.org/wind-turbines/>
9. Picken, D., & Ilozor, B. (2015) The Relationship between Building Height and Construction Costs. In H. Robinson, B. Symonds, B. Gilbertson & B. Ilozor (Eds.), *Design Economics for the Built Environment: Impact of Sustainability on Project Evaluation* (pp. 47-60). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
10. Zarian, H., & Tahsildoost, M. (2019). The Relation between Building Height and Construction Costs in 1 to 50-Storey Residential Buildings. *Soffeh*, *29*(1), 35-51. In Arab.
11. Zacharias, J. (2017). Pathways to sustainable Chinese urbanisation. In S. Joss, (Ed.), *International Eco-Cities Initiative Reflections Series*, Issue 23. University of Westminster. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/325280213_PATHWAYS_TO_SUSTAINABLE_CHINESE_URBANISATION
12. Thornton, M. (2018). *The Skyscraper Curse: And How Austrian Economists Predicted Every Major Economic Crisis of the Last Century*. Auburn, AL: Ludwig von Mises Institute.
13. CTBUH. (2024, January 31). *Year in Review: Tall Trends of 2023*. Retrieved from <https://www.skyscrapercenter.com/year-in-review/2023>
14. CTBUH. (2024). *CTBUH Height Criteria for Measuring & Defining Tall Buildings*. Retrieved from https://cloud.ctbuh.org/CTBUH_HeightCriteria.pdf