

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2024. Т. 26. № 3. С. 25–36.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2024; 26 (3): 25–36.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 728

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-25-36

EDN: AZWZIL

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ КЛИМАТИЧЕСКОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЙЕМЕНЕ

Исам Ибрахим Али Абдо

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье приводится исторический опыт климатического (энергоэффективного) архитектурного проектирования в Йемене. Рассматривается актуальность энергоэффективных жилых домов для регионов с жарким и сухим климатом и для всех регионов в целом. Представлен анализ йеменской архитектуры по регионам и архитектурно-планировочных решений жилых зданий в зависимости от топографии регионов. Описаны климатические решения проектирования жилых зданий в Йемене.

Целью исследования является анализ исторического опыта климатической архитектуры жилых зданий, который помогает в поиске современных методов создания комфортного жилья и позволяет экономить энергопотребление, увеличивать сроки эксплуатации здания, а также сокращает плату за электричество.

Выводы. Показано, что обращение к приемам традиционной архитектуры Йемена в современном строительстве может способствовать не только созданию комфортного жилья, но и защите окружающей среды от ущерба, полученного в результате производства электроэнергии, который приводит к истощению энергетических запасов, ослаблению экономики государств и невозможности использования этих ресурсов для последующих поколений.

Ключевые слова: архитектура Йемена, архитектурный стиль, региональная классификация архитектуры Йемена, типология йеменской архитектуры, климатические решения

Для цитирования: Абдо Исам Ибрахим Али. Исторический опыт климатического архитектурного проектирования в Йемене // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 3. С. 25–36. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-25-36. EDN: AZWZIL

ORIGINAL ARTICLE

HISTORICAL EXPERIENCE OF CLIMATE RESPONSIVE ARCHITECTURE IN YEMEN

Esam Ebrahim Ali Abdo

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract. The article explores the historical experience of climate responsive architecture in Yemen. The relevance of energy-efficient residential buildings for hot-dry regions in particular, and for all regions in general, is discussed in the article. Regional classification of architec-

ture of Yemen is analyzed. Architectural planning solutions are discussed for residential buildings in Yemen based on the topography. The article delves into the climatic responsive design solutions for residential buildings in various regions.

Purpose: The aim of this article is to analyze the historical experience of the architecture of Yemen for climate responsive (energy-efficient) residential buildings.

Methodology: Analysis of the historical experience of energy-efficient architecture to identify suitable and modern methods for construction of energy-efficient residential buildings.

Research findings: Based on the analysis, considered in the creation of comfortable housing and saving energy consumption in various areas throughout its lifespan and at the end of each month when residents settle their electricity bills.

Practical implications: The proposed methods provide not only comfortable housing, but also preserve and protect the environment from damage caused by energy extraction, which, in turn, depletes energy resources, weakens state economy, and hinders the utilization of these resources for future generations.

Keywords: architecture of Yemen, regional classification, typology, climatic solutions, traditional design, passive design

For citation: Esam Ebrahim Ali Abdo. Historical experience of climate responsive architecture in Yemen. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (3): 25–36. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-25-36. EDN: AZWZIL

Введение

Традиционная архитектура является природным и наследственным фундаментом для обновления местной архитектуры. На основе этого понятия сформулирована цель настоящего исследования, а именно изучение возможности использования технологических приемов в современной архитектуре в соответствии с традиционной архитектурой, обеспечивающей комфортную внутреннюю среду. Исследование направлено на изучение традиционной архитектуры и ее архитектурных элементов, строительных материалов и методов реализации, которые сыграли важную роль в обеспечении внутренней среды, совместимой с физиологическими и психологическими потребностями человека благодаря использованию природной энергии, которая, в свою очередь, обеспечивает рациональное энергопотребление.

Традиционная архитектура в регионах с жарким и сухим климатом обеспечивает защиту от экстремальных погодных факторов, отражает преобладание природных, культурных и социальных функций окружающей среды, а также экологических условий, в которых она возникла. В районах с жарким и сухим климатом планировка зданий интегрирована в городскую среду, и за счет этого создаются затененные пространства. Внутренние дворы используются для обеспечения конфиденциальности и защиты от внешних угроз и суровых условий. Толстые стены возводятся из материалов с высокой тепловой мощностью для контроля колебаний температуры.

Целью исследования является анализ исторического опыта йеменского климатического (энергоэффективного) архитектурного проектирования жилых зданий.

Климатическое архитектурное проектирование зданий – это процесс проектирования с учетом окружающей среды и климатических условий, а также сокращения потребления энергии, материалов и ресурсов с целью наименьшего воздействия на окружающую среду и обеспечения гармонии с природой.

Исторический опыт климатического архитектурного проектирования подразумевает опыт и методы проектирования, которые используются при возведении жилых зданий в Йемене, в зависимости от географии регионов, климатических условий, материалов и элементов для создания комфортного жизненного пространства с рациональным энергопотреблением и сохранением окружающей среды.

Региональная классификация йеменской архитектуры

Архитектура Йемена в целом и традиционная архитектура в частности представляют собой памятник культуры, отражающий уникальность и идентичность строительства и свидетельствуют о высоком уровне йеменской архитектуры. Творчество архитекторов не ограничивается созданием групп повторяющихся зданий, оно включает и разработку различных методов строительства, которые применяются сотни лет. Архитекторы используют имеющиеся строительные материалы, интегрируя в свои проекты форму и функцию. Организация их строительства элементарно проста и эффективна. Поэтому энергоэффективные и креативные здания строятся в соответствии с окружающей средой, создавая различные ландшафты на равнинах, горах, побережьях и в пустынях территориях. Территория Йемена богата природными ресурсами и различными материалами, используемыми в строительстве (рис. 1) [1]. Архитектура Йемена зависит от топографии и строительных материалов регионов [2, 3].



Рис. 1. Топография территории Йемена
Fig. 1. Topography of Yemen territory

Архитектурные решения жилых зданий в зависимости от региональной топографии

В этом разделе приведен анализ и изучение архитектурных решений жилых зданий, а также климатических решений для каждого района. Территорию Йемена можно разделить на следующие регионы [4]: 1) Западное нагорье, 2) Прибрежная равнина, 3) Восточное плато, 4) район полупустыни.

Западное нагорье

Этот район расположен в западной части Йемена, между прибрежным нагорьем на западе и котловиной на востоке. Западное нагорье простирается от крайнего севера до крайнего юга, а его высота колеблется от 1500 до 3000 м. Территория характеризуется мягким климатом с дождливым летом. Максимальная среднемесячная температура достигает 30 °С в июне, а в остальные месяцы года температура колеблется в пределах 22–29 °С. Минимальная среднемесячная температура находится в диапазоне от 0 °С зимой до 17 °С летом. Годовая норма осадков – в пределах 40–25 мм/год [4]. Основными строительными материалами в этом регионе являются камень и кирпич (рис. 2).



Рис. 2. Жилая застройка в Западном нагорье

Fig. 2. Housing in the Western Highlands

Архитектурно-планировочные решения жилых зданий Западного нагорья

При проектировании традиционного жилого здания внимание уделяется расположению главного входа, который должен соответствовать йеменским традициям и обычаям. Вход в другие помещения должен пролегать через коридор для обеспечения членам семьи конфиденциальности. Важна ориентация жилого здания, направленность основных помещений на восток и юг для максимального солнечного освещения зимой и надлежащей вентиляции летом. Одной из наиболее важных особенностей традиционного жилья в этом районе является наличие многофункциональных жилых помещений (гостиная, спальня, кухня), которые повторяются на нескольких этажах (рис. 3) [4].

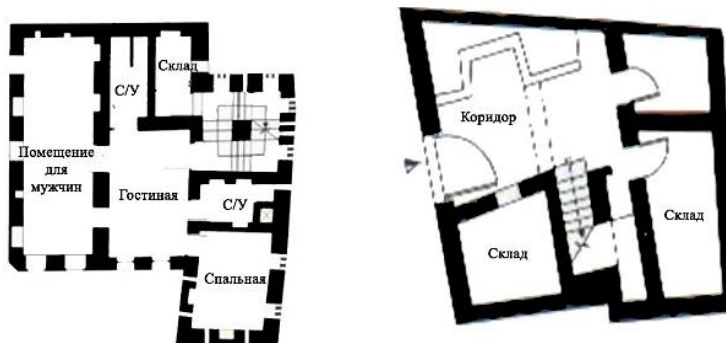


Рис. 3. Планировка жилых зданий в Западном нагорье

Fig. 3. Layout of residential buildings in the Western Highlands

При строительстве жилья йеменская архитектура опирается на симметрию архитектурного образования как форму архитектурного мышления. Большинство традиционных жилых зданий в деталях сходны с внешними пространственными образованиями, такими как украшения и надписи (рис. 4).

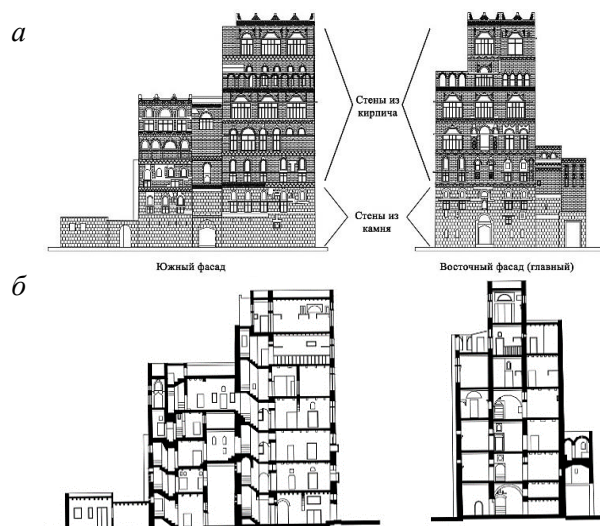


Рис. 4. Тип фасадов зданий Западного нагорья (а) и схематическое изображение связи внешних архитектурных элементов с пространством (б)

Fig. 4. Building facades in the Western Highlands (a) and schematic of external architectural elements in space (b)

Прибрежная равнина

Район Прибрежной равнины выходит на Красное море и характеризуется абсолютно другим климатом по сравнению с Западным нагорьем. Максимальная среднемесячная температура составляет 40 °С в июне, а в остальные месяцы года колеблется в пределах 29–39 °С. Минимальная среднемесячная температура колеблется от 22 °С зимой до 29 °С летом [5]. Годовая норма осадков находится в пределах 13–40 мм/год. Основными строительными материалами в этом регионе являются тростник, глина и камень (рис. 5) [6].

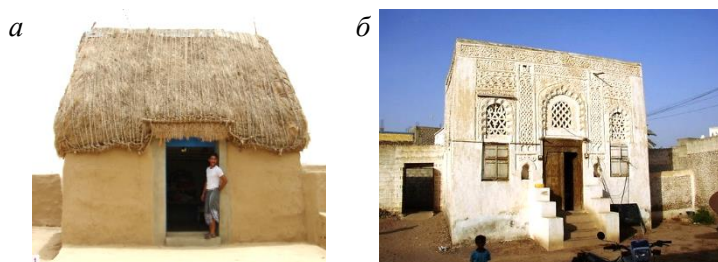


Рис. 5. Типы жилой застройки в районе Прибрежной равнины:
а – из тростника и глины; б – из камня

Fig. 5. Residential buildings in the Coastal Plain area:
a – reeds and clay; b – stone

*Архитектурно-планировочные решения жилых зданий
в районе Прибрежной равнины*

Здания в этом районе характеризуются единой конструктивной идеей, заключающейся в наличии центра (внутренний открытый двор или фойе), огибающего здание с двух и более сторон [7]. Группировка элементов здания вокруг внутреннего двора эффективна с климатической точки зрения [8]. Стиль застройки в этом районе – открытый двор высотой в один этаж, обращенный внутрь (рис. 6).

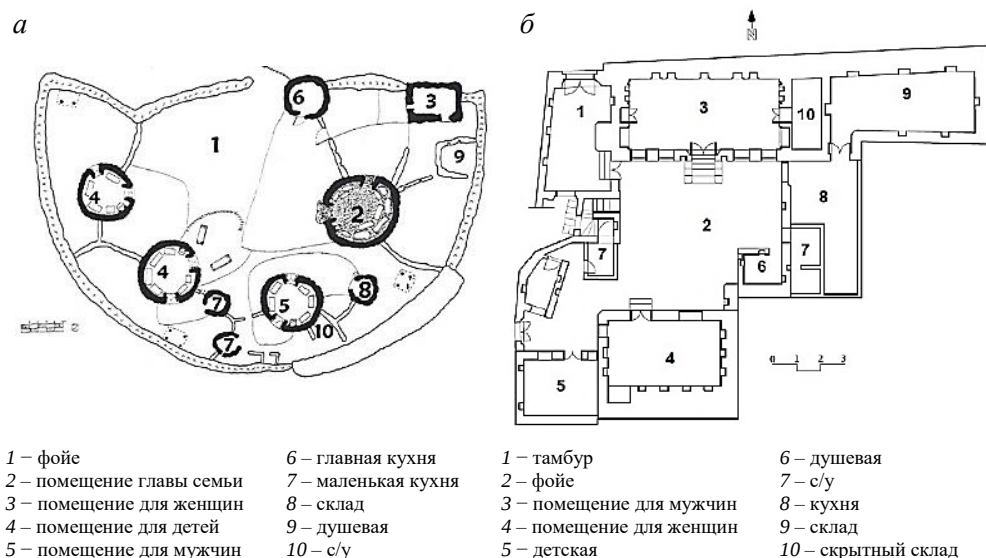


Рис. 6. Планировка жилых зданий в районе Прибрежной равнины:

a – из тростника и глины; *b* – из камня

Fig. 6. Layout of residential buildings in the Coastal Plain area:

a – reeds and clay; *b* – stone

Восточное плато

Этот район расположен между регионом Хадраут и Западным плато, называется средней котловиной и спускается с запада на восток с изменением высоты от 1170 до 700 м [9]. Восточное плато пересекают долины, идущие с Хадраута и Гарбии, а северная часть котловины называется Рамлат-эс-Сабьатайн. Климат района Восточного плато сухой и жаркий летом и мягкий зимой, с резким понижением ночной температуры и небольшим количеством сезонных дождей. Максимальная среднемесячная температура достигает 43 °С в июне, а в остальные месяцы года колеблется в пределах 27–42 °С. Минимальная среднемесячная температура находится в диапазоне от 10 °С зимой до 29 °С летом. Годовая норма осадков изменяется в пределах 10–200 мм/год [9]. Основным строительным материалом является предварительно высушенная глина, которая обеспечивает высокую теплоизоляцию и контроль получаемого тепла [10] (рис. 7).

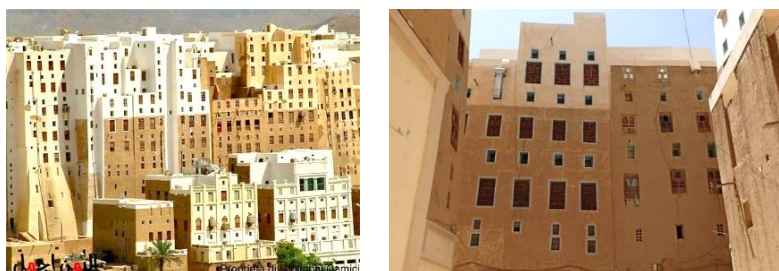


Рис. 7. Тип жилой застройки на Восточном плато
Fig. 7. Type of housing on the Eastern Plateau

Архитектурно-планировочные решения жилых зданий на Восточном плато

В этом регионе жилые здания строятся по типу закрытой башни, как показано на рис. 8. Что касается наружных блоков зданий, то они выполнены в естественном (земля) и белом (известь) цветах сверху и снизу здания и вокруг окон, а иногда эти цвета используют для фасадов зданий, часто общественных и религиозных. Города и села региона характеризуются уникальной архитектурой, применением местных материалов для создания оригинального дизайна, отвечающего требованиям окружающей среды и климата [11]. Архитектурные решения зданий характеризуются вертикальной направленностью (рис. 8).

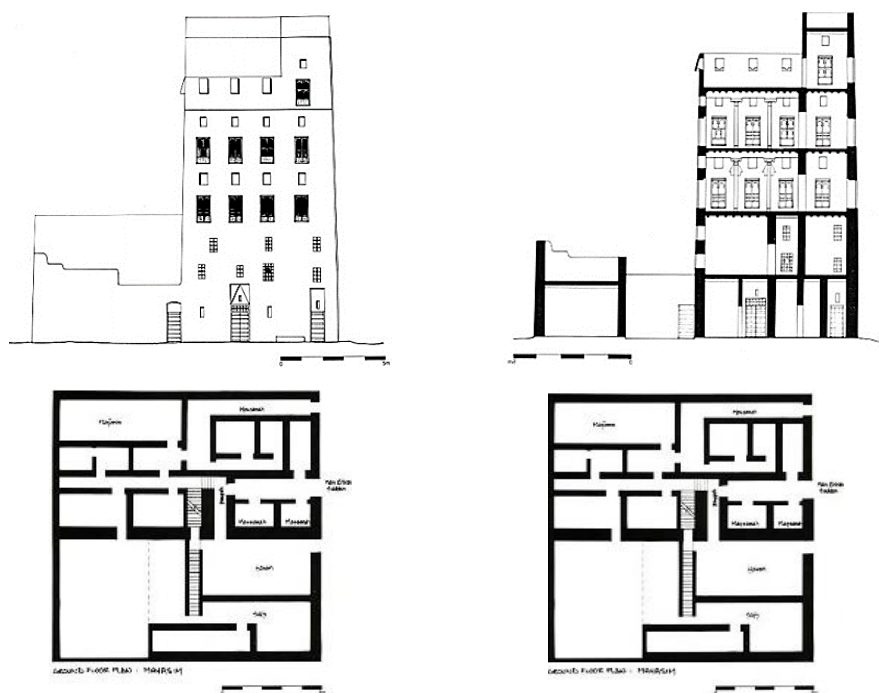


Рис. 8. Архитектурно-планировочные решения жилых зданий на Восточном плато
Fig. 8. Architectural and planning solutions of residential buildings on the Eastern Plateau

Полупустыня

Полупустыня простирается между Восточным плато и Западным нагорьем, а затем понижается с запада на восток. Климат сухой, большую часть территории покрывает песок, дожди бывают редко. Среднемесячная температура достигает максимума 36 °С в июне, а в остальные месяцы года колеблется в пределах 22–35 °С. Минимальная среднемесячная температура варьируется от 5 °С зимой до 20 °С летом. Годовая норма осадков колеблется в пределах 100–200 мм/год. Основным строительным материалом является высушенная на месте глина (рис. 9) [12].



Рис. 9. Тип жилой застройки в районе полупустыни
Fig. 9. Housing in the Semi-desert area

Архитектурно-планировочные решения жилых зданий в полупустыне

Строительство с использованием высушенной глины включает в себя вертикальную укладку рядов глины и их разделение на фасадах утопленными линиями шириной 0,5–0,7 см. Ширина поля составляет 60–70 см. Толщина несущих стен в нижних этажах больше, чем в верхних, поэтому этажность небольшая: 3–5 этажей. Этот стиль постройки встречается в городах Саада, Эль-Джауф и Мариб. Преобладающей является форма закрытой башни, а окна наружу представляют собой небольшие отверстия (рис. 10) [13].

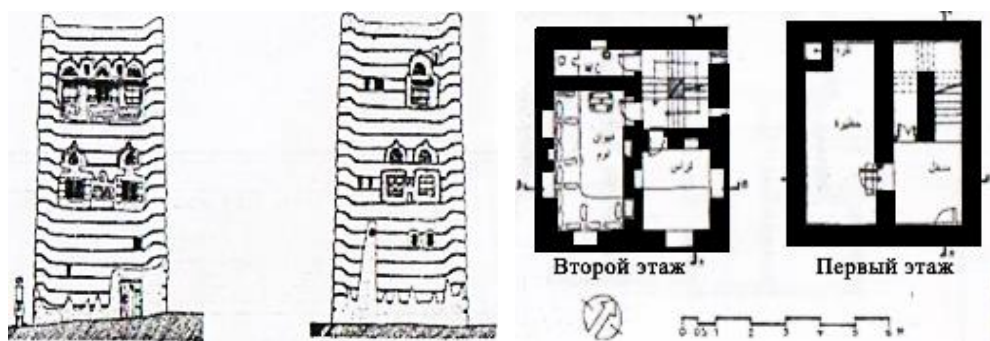


Рис. 10. Архитектурно-планировочное решение жилых зданий в полупустыне
Fig. 10. Architectural and planning solutions of residential buildings in Semi-desert area

Климатические решения проектирования жилых зданий по регионам Йемена

Климатические факторы сыграли основную роль в установлении традиционной архитектуры в городах Йемена в зависимости от климатических условий регионов. Архитектура зданий в этих регионах основана на четырех факторах [14, 15]: форма, ориентация, строительные материалы и проемы зданий.

Форма. Традиционная застройка во всех регионах Йемена в основном квадратная или прямоугольная. Здания круглой формы встречаются редко. В различных регионах идеальными считаются традиционные формы, которые обеспечивают наименьший приток тепла летом и низкие тепловые потери зимой.

Ориентация. Из-за разницы наклона солнечных лучей в разных городах более высокая концентрация солнечного света зимой и летом наблюдается на западном и восточном фасадах зданий. На южных фасадах высокая концентрация наблюдается зимой, а летом северные фасады больше освещаются солнцем, в то время как на южных фасадах солнца меньше. Таким образом, жилые здания ориентированы на юг для обеспечения комфортного тепла летом и зимой.

Строительные материалы. Традиционные строительные материалы (камень, высушенная глина, кирпич) имеют высокую теплоемкость. Они различаются в зависимости от региона, а толщина стен варьируется в зависимости от количества этажей. Большинство зданий в Йемене красят гипсом, поскольку он обладает множеством свойств, в том числе отражает солнечный свет, уменьшает его проникновение через стены, защищает стены от ветра и дождя, способствует увеличению освещения на узких улицах.

Проемы. Дизайн, пропорции, ориентация и положение проемов варьируются в зависимости от их функций (вентиляция, обзорность, освещение). Эти функции могут совмещаться в одном проеме, минимум две из них всегда присутствуют, поэтому детали проемов видоизменяются от региона к региону в зависимости от климатических условий.

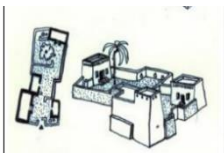
Климатические решения проектирования жилых зданий в различных регионах приведены в таблице.

Климатические решения по проектированию жилых зданий в зависимости от регионов

Climate responsive architecture in different regions

Климатическое проектирование	Жаркий влажный климат	Жаркий сухой климат	Холодный сухой климат
Конструкции здания	Несущая стена, колонны, балки, арка	Несущая стена, колонны, балки	Несущая стена, колонны, балки, арка
Архитектурно-планировочные решения	Открытый внутренний двор или фойе	Закрытая вертикальная система + открытая система типа палатки	Закрытая вертикальная система

Окончание таблицы
End of table

Климатическое проектирование	Жаркий влажный климат	Жаркий сухой климат	Холодный сухой климат
Этажность	1 этаж (домик из тростника и глины в виде гнезда) 2–4 этажа (дома из глины или камня)	2–9 этажей	2–9 этажей
Строительные материалы	Тростник + + глина + гипс Кирпич + + тростник + гипс Камень + глина + + гипс Камень + гипс	Глина + гипс Камень + ткань + кожа	Камень + кирпич Камень + глина + + камень
Вентиляционные элементы архитектуры	Открытый внутренний двор и куполообразные потолки  	Куполообразные потолки + ветровая башня малькаф*  WIND CATCHER	Окно-балкон машрабия** 

*Малькаф (ветровая башня) – используется для создания естественной циркуляции воздуха внутри помещения. Располагается выше прилегающего здания и имеет одно или несколько вентиляционных отверстий в верхней части, расположенных со стороны преобладающего направления ветра.

**Машрабия (окно-балкон) – узорные деревянные решётки, закрывающие снаружи окна, балконы либо используемые как ширмы или перегородки внутри здания.

Заключение

Древние архитекторы внедрили множество научных походов к дизайну зданий для обеспечения комфортных условий жизни в жарких и засушливых районах. Разработанные технологии можно использовать и в современном строительстве для снижения энергопотребления и уровня загрязнения атмосферы. Если традиционных решений недостаточно, они могут быть дополнены современными технологиями.

Традиционная архитектура является природной и наследственной основой модернизации местной архитектуры. Несмотря на то, что на Ближнем Востоке имеется богатое архитектурное наследие, оставленное древними зодчими и успешно используемое в условиях местного климата, большинство современных архитекторов пренебрегают традиционными подходами к проектированию зданий. Эти методы могут способствовать повышению энергоэффективности зданий и уменьшению энергозатрат при их эксплуатации. В настоящее время практически нет зданий или проектов, в которых применяются все основные принципы традиционной арабской (йеменской) архитектуры (внутренний двор, ветровая башня малькаф, окно-балкон машрабия и др.).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Yemen Geology* // Yemen Encyclopedia, Al-Afif Cultural Foundation. Republic of Yemen, 1992. 341 p.
2. *Ahmed Even*. Introduction to Social Development and Urban Expression // Aga Khan Award for Architecture, Modernity, and Symposium on Heritage. Sana'a, 1983. May 30. P. 21.
3. *Aissa Abdullah Zeid*. Thermal Characteristics of Old and Modern Houses in Sana'a, Yemen : Doctoral dissertation, Higher School of Architectural Association: Environmental and Energy Research Program. UK, 1995. P. 25.
4. *Abbas and Al-Sanabani*. Introduction to Yemen Geomorphology. Sana'a : Abadi Research and Publishing Center. P. 26.
5. *Atef Abdel Aziz*. Diversity of Architectural Styles in Yemen // Alam Al Bena Journal. 1990. I. 1. P. 21.
6. *Kabiela Faris Al-Maliki*. Engineering and Mathematics in Architecture (Proportionality, Organizations, and Proportional Systems). Dar Safaa for Publication and Distribution, Amman, First Edition, 2002. 327 p.
7. *Muhammad Talaat Al-Dali*. Characteristics of Islamic Architecture and Features of Yemeni Architecture // Yemen Research Journal, Yemen Research Center. 1989. I. 35. January–March. 247 p.
8. *Sabah Abdul Latif Meshtat*. Architecture and Desert Environment (Theoretical and Applied Foundations). Sana'a : Abadi Research and Publishing Center, First Edition, 1995. P. 19.
9. *Abbas and Al-Sanabani*. Introduction to Geomorphology of Yemen. Abadi Research and Publication Center, Sana'a.
10. *Abdul Raqib Taher, Muhammad Salam*. Clay Architecture on the Threshold of the Twenty-First Century. First Scientific Conference, Conference on Research and Studies. Hadramout University of Science and Technology, 2000. P. 19.
11. *Abdullah Ahmed Muhaiz*. The Content of the City of Shibam and Wadi Hadramout // Yemen Research Journal, Research and Studies Center. 1988. I. 34. October–December. P. 20.
12. *Muhammad Jawas*. Shibam Civilization and History // Al-Thawra Newspaper. 2004. I. 14402. April 17. P. 20.
13. *Abdul Raqib Taher*. Architectural Characteristics and Values of Terracotta Architecture in Yemen // Conference on Human Civilization from Cave to Architecture, Conference Studies and Research. Beirut Heritage Association, 2001. P. 108.
14. *Khaled Al-Dababi*. Architecture of Yemen (Ancient Civilization and Fascinating Landmarks) // Islamic Tourism Magazine. 2004. I. 12. July, August. P. 2.
15. *Yemeni architecture* // Features of formation in Yemeni architecture. URL : https://www.academia.edu/35174079/%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D8%A9_%D8%A8%D8%A7%D9%84%D9%8A%D9%85%D9%86

REFERENCES

1. *Yemen Geology*. In: Yemen Encyclopedia, Al-Afif Cultural Foundation, Republic of Yemen, 1992. 341 p.

2. *Ahmed Even*. Introduction to Social Development and Urban Expression. Aga Khan Award for Architecture, Modernity, and Symposium on Heritage. Sana'a, May 30, 1983. 21 p.
3. *Aissa, Abdullah Zeid*. Thermal Characteristics of Old and Modern Houses in Sana'a, Yemen. DSc Thesis. Higher School of Architectural Association: Environmental and Energy Research Program, UK, 1995. 25 p.
4. *Abbas and Al-Sanabani*. Introduction to Yemen Geomorphology. Abadi Research and Publishing Center, Sana'a. p. 26.
5. *Atef Abdel Aziz M*. Diversity of Architectural Styles in Yemen. *Alam Al Banaa Journal*. 1990; (1): 21.
6. *Kabiela Faris Al-Maliki*. Engineering and Mathematics in Architecture (Proportionality, Organizations, and Proportional Systems). Dar Safaa for Publication and Distribution, Amman, 1st ed., 2002. 327 p.
7. *Muhammad Talaat Al-Dali*. Characteristics of Islamic Architecture and Features of Yemeni Architecture. *Yemen Research Journal*. 1989; (35): 247.
8. *Sabah Abdul Latif Meshtat*. Architecture and Desert Environment. Theoretical and Applied Foundations. Abadi Research and Publishing Center, Sana'a, 1st ed., 1995. 19 p.
9. *Abbas and Al-Sanabani*. Introduction to Geomorphology of Yemen. Abadi Research and Publication Center, Sana'a.
10. *Abdul Raqib Taher, Muhammad Salam*. In: *Proc. 1st Sci. Conf. 'Clay Architecture on the Threshold of the Twenty-First Century'*, Hadramout University of Science and Technology, 2000. p. 19.
11. *Abdullah Ahmed Muhairz*. The Content of the City of Shibam and Wadi Hadramout. *Yemen Research Journal*. 1988; (34): 20.
12. *Muhammad Jawas*. Shibam Civilization and History. *Al-Thawra Newspaper*. 2004; (14402): 20.
13. *Abdul Raqib Taher D*. Architectural Characteristics and Values of Terracotta Architecture in Yemen. In: *Proc. 1st Sci. Conf. 'Human Civilization from Cave to Architecture'*. Beirut Heritage Association, 2001. P. 108
14. *Khaled Al-Dababi*. Architecture of Yemen. Ancient Civilization and Fascinating Landmarks. *Islamic Tourism Magazine*. 2004; (12): 2.
15. Yemeni architecture: Features of formation in Yemeni architecture. Available: www.academia.edu/35174079/%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D8%A9_%D8%A8%D8%A7%D9%84%D9%8A%D9%85%D9%86

Сведения об авторе

Исам Ибрахим Али Абдо, аспирант, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, es-arefi@mail.ru

Author Details

Esam Ebrahim Ali Abdo, Research Assistant, Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklouho-Maclay, 117198, Moscow, Russia, es-arefi@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.01.2024
Одобрена после рецензирования 12.02.2024
Принята к публикации 19.04.2024

Submitted for publication 25.01.2024
Approved after review 12.02.2024
Accepted for publication 19.04.2024