

## Влияние экологических факторов на формирование городской жилой застройки в Йемене

*Н.А.М.М. Аль-Бадви, М.М.М. Аль Баадани*

*Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы*

**Аннотация:** В статье рассматривается влияние экологических факторов на формирование жилой застройки в Йемене. Анализируются климатические и географические условия региона. Рассмотрены традиционные и современные архитектурные подходы, адаптированные к экстремальным природным условиям региона. Особое внимание уделено устойчивому проектированию, ориентированному на рациональное использование природных ресурсов. Результаты исследования подчеркивают важность интеграции "зеленых" технологий и экологически устойчивых методов строительства в градостроительство.

**Ключевые слова:** йемен, жилые застройки, экологические факторы, устойчивое развитие, климатические условия, архитектура, градостроительство.

В современных условиях устойчивое развитие городских территорий становится одной из ключевых задач градостроительства. Особую значимость приобретает учет экологических факторов при проектировании жилой застройки в регионах с экстремальными климатическими условиями, таких как Йемен. Жаркий климат, географическое разнообразие и ограниченные природные ресурсы требуют поиска архитектурных решений, адаптированных к окружающей среде.

Йемен, расположенный в зоне тропического климата, сталкивается с рядом экологических вызовов: высокими температурами, нехваткой водных ресурсов и частыми песчаными бурями. Традиционная архитектура Йемена демонстрирует высокую степень адаптации к этим условиям, однако современные урбанистические тенденции требуют новых подходов, учитывающих экологические и социальные аспекты.

Целью статьи является изучение влияния экологических факторов на формирование жилой застройки в Йемене, анализ традиционных и современных методов проектирования, а также разработка рекомендаций для устойчивого развития жилых районов с учетом природных условий.

---

## Экологические факторы в Йемене.

### Географические и топографические особенности Йемена.

Йемен является одним из важных цивилизационных центров в истории Древнего Востока, историки засвидетельствовали, что цивилизация развивалась в Йемене в начале расцвета цивилизации в 10 веке до н.э. Йемен расположен в Азии, а именно в ее юго-западной части. Эта область известна как Ближний Восток.

Йеменская Республика расположена на юго-западе Азии, в южной части Аравийского полуострова. Ее соседями являются султанат Оман на востоке и Саудовская Аравия на севере. На западной границе находится Красное море, а на юге - Индийский океан. Йемен расположен между  $12^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  северной широты и  $42^{\circ}$  и  $54^{\circ}$  восточной долготы. Общая площадь страны составляет приблизительно 523 000 км<sup>2</sup> [1].



Рис. 1. – Карта Йеменской Республики.

Географический ландшафт Йемена включает в себя обширные пустыни, горные хребты и прибрежные районы. В горных районах часто используются террасные системы для сохранения воды и предотвращения эрозии почвы, что также оказывает влияние на размещение и тип застройки.

Плотность населения и формы застройки варьируются в зависимости от высоты над уровнем моря и доступности природных ресурсов.

### **Климатические условия.**

Климатические условия различных районов зависят от высоты над уровнем моря и варьируются от тропического муссонного до умеренно жаркого и сухого климата в пустынных районах, где круглый год стоит жаркая погода с температурой воздуха до 40°C. В горных районах климат сухой континентальный, с резкими перепадами дневной и ночной температуры [2].

Страна делится на три основные климатические зоны: прибрежный регион, регион плато и горный регион [3].

1. Прибрежный регион, охватывает низменности вдоль Красного моря, Аравийского и Аденского заливов. Летом здесь жарко и влажно, средняя температура достигает 35°C, а влажность — 80%. Зимой температура снижается до 22°C. Среднегодовое количество осадков в этом регионе варьируется от 50 до 255 мм.

2. Регион плато, простирающийся вдоль северных границ Йемена, включает пустыни и плато с высотами от 500 до 800 м. Климат здесь сухой, с низкой влажностью (около 30%) и среднегодовой температурой около 32°C. Осадки составляют менее 200 мм в год.

3. Горный регион, самая высокая часть Йемена, с высотами до 3700 м. Здесь климат умеренно континентальный, с резкими суточными колебаниями температуры. Летом средняя температура составляет 24,7°C, зимой опускается до 4,6°C. Годовое количество осадков зависит от высоты и варьируется от 300 до 1000 мм. Этот регион делится на три зоны водосбора, стекающие в Красное море, Аденский залив и пустыню Пустой Квартал.

Климат Йемена в целом характеризуется высокой температурой, засушливостью и слабыми сезонными различиями. Такие условия требуют адаптации в проектировании зданий и использовании природных способов охлаждения.

### **Ограниченность природных ресурсов.**

Основной экологической проблемой Йемена является нехватка водных ресурсов. Население зависит от редких дождей и подземных источников, которые истощаются из-за чрезмерного использования. Водосбережение становится критически важным, что требует применения инновационных технологий, таких как системы сбора дождевой воды и переработки сточных вод [4].

### **Водные ресурсы.**

Водоснабжение в Йемене зависит от двух основных источников: дождевой воды и подземных вод. Дожди в стране выпадают нерегулярно и часто недостаточны для удовлетворения потребностей населения. Подземные воды также истощаются из-за чрезмерного использования для сельского хозяйства и бытовых нужд. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод и ухудшению качества воды [5].

Экономное использование воды становится необходимым условием для выживания населения. Местные сообщества разрабатывают различные методы управления водными ресурсами, включая строительство дамб и резервуаров для сбора дождевой воды. Однако эти меры часто оказываются недостаточными для решения проблемы.

Таким образом, ограниченность природных ресурсов в Йемене требует комплексного подхода к управлению водными ресурсами и использованию местных строительных материалов для обеспечения устойчивого развития страны.

### **Историческое развитие жилой застройки с учетом экологических факторов.**

#### **Традиционные архитектурные решения.**

Исторически Йемен выработал уникальную строительную традицию, характеризующуюся богатым, самобытным и единообразным стилем

---

традиционной йеменской архитектуры и городских пейзажей, которые заслуженно вызывают восхищение. До недавнего времени эта традиция успешно сохранялась. Основными особенностями традиционного строительства в Йемене являются использование местных материалов и применение местных методов и технологий. Здания могут достигать восьми этажей, а несущие стены возводятся из обработанного камня или глиноблоков, в зависимости от доступных в регионе материалов (рис. 2).



Рис. 2. – Традиционные здания в Сане и Шибаме [6].

Традиционная архитектура Йемена формировалась с учетом суровых климатических и географических условий, что нашло отражение в рациональном использовании местных материалов и технологий. В горных районах дома строились из камня, кирпича или глинобитных стен толщиной более 50 см, обеспечивающих отличную теплоизоляцию и минимизирующих перепады температур между днем и ночью. В пустынных и прибрежных регионах применялись легкие конструкции с высокими потолками и большими окнами для улучшения вентиляции. Ориентация зданий учитывала направления ветра и солнца, способствуя созданию комфортного микроклимата.

### **Использование местных строительных материалов.**

Одним из ключевых факторов в традиционном градостроительстве был выбор строительных материалов, доступных в регионе. Глина, камень,

---

дерево и даже местные растительные материалы использовались для создания долговечных и устойчивых конструкций.

Основными материалами для строительства служили натуральный камень, песчаник, обожженные и сырцовые кирпичи, а также древесина, гипс и ветки. Влажные регионы отличались использованием глиняных материалов для отделки стен, полов и крыш. Однако в последние десятилетия популярность традиционных материалов снизилась из-за роста стоимости, перехода на цементные конструкции и отсутствия государственной поддержки. Несмотря на это, традиционные методы, такие как ручная обработка камня и кирпича, остаются ценными, хотя и уступают механизированным технологиям. Современные вызовы включают недостаточную осведомленность о преимуществах традиционных материалов и ограниченность их доступности.

Эти материалы не только соответствовали климатическим условиям, но и были экологически безопасными, что важно в контексте устойчивого строительства.

### **Современные подходы к экологически устойчивой застройке.**

Переход от традиционной архитектуры Йемена к современным строительным методам сопровождался значительными проблемами.

Современные здания, построенные с использованием бетона, часто оказываются менее комфортными, так как тонкие стены и крыши плохо защищают от жары летом и холода зимой. Эти дома требуют дорогостоящего обслуживания, но не всегда получают его, особенно если применяемые материалы не рассчитаны на естественное старение.

В 1970-х годах в городах традиционные мастера-строители (A'usta) конкурировали с небольшими строительными компаниями, адаптируясь к новым технологиям, включая бетон. Однако массовое использование бетона сопровождалось снижением качества строительства, особенно из-за притока

---

неквалифицированных рабочих в строительную индустрию. Результатом стали конструкции низкого качества, не учитывающие климатические условия и особенности окружающей среды.

Бетон и железобетонные конструкции приобрели популярность, особенно в городах, благодаря их доступности и возможности создавать большие пространства. Однако во многих районах страны такие здания строятся без инженерных расчетов, что ставит под сомнение их надежность.

Плохое качество строительства вызвало беспокойство, и местные материалы, такие как камень, стали вновь востребованы в частном секторе благодаря их ассоциации с долговечностью и статусом.

Тем не менее, бетонные плиты начали массово использоваться для полов и крыш из-за нехватки древесины, а смешанные методы, сочетающие бетонные колонны с несущими стенами, стали широко распространены. Использование современных материалов часто сопровождалось отсутствием должного подхода к технике и комфорту, что негативно сказывалось на долговечности и функциональности зданий.



Рис. 3. – Стили, формы и современные материалы в современных зданиях Йемена [1].

В последние десятилетия в Йемене наблюдается возвращение к использованию традиционных местных строительных материалов, таких как

глина, камень и дерево, которые идеально подходят для экстремальных климатических условий региона. Это не только помогает уменьшить углеродный след, но и поддерживает экономику, поскольку такие материалы легко доступны и требуют минимальных транспортных затрат. Современные технологии позволяют улучшить свойства этих материалов, например, с использованием глиняных блоков с добавлением природных утеплителей.

### **Энергоэффективные технологии.**

Современное градостроительство в Йемене активно внедряет энергоэффективные технологии, такие, как солнечные панели, системы водосбережения и устройства для сбора дождевой воды. Эти инновации направлены на снижение зависимости от ограниченных ресурсов и уменьшение воздействия на окружающую среду. Например, использование солнечных панелей для питания домов и общественных зданий позволяет значительно сократить потребление электроэнергии, особенно в условиях частых перебоев с электроснабжением.

Согласно статье "Исторический опыт климатического архитектурного проектирования в Йемене", в стране накоплен значительный опыт в области энергоэффективного строительства, что подтверждает актуальность использования подобных технологий в современном градостроительстве [7].

Кроме того, в статье "Традиции арабской архитектуры в энергоэффективных зданиях" отмечается, что современные здания на Ближнем Востоке, включая Йемен, интегрируют традиционные элементы арабской архитектуры с современными энергоэффективными технологиями, такими как солнечные панели и системы водосбережения [8].

Таким образом, современные подходы к градостроительству в Йемене сочетают традиционные методы с инновационными технологиями, направленными на повышение энергоэффективности и устойчивости городов.

---



### **Пассивное охлаждение и вентиляция.**

С учетом жаркого климата, важным элементом современного строительства является использование методов пассивного охлаждения. Это включает в себя оптимизацию размещения окон, использование штор и жалюзи, а также природное проветривание. В некоторых новых проектах уже активно используют технологии, заимствованные у традиционных архитектурных решений, такие как высокие потолки и внутренние дворы, что позволяет эффективно регулировать температуру внутри помещений.

### **Зеленые зоны и общественные пространства.**

В последние годы активно развиваются проекты по созданию зеленых зон и общественных пространств в городах. Зеленые крыши, скверы и парки помогают снижать уровень загрязнения воздуха и создают комфортные условия для жителей. Это также способствует увеличению биоразнообразия и снижению негативного воздействия урбанизации на природу [9].

### **Анализ и примеры.**

#### **Городок Старая Сана – старейший пример зеленой архитектуры.**

Старая Сана – один из самых древних примеров экологической архитектуры. Более тысячи лет назад этот город стал образцом устойчивого строительства, вдохновив города по всему миру. Около 6500 домов Старой Саны были возведены с использованием местных природных материалов, таких как камень, глина, кирпич, дерево и легкие экологически чистые ресурсы. Эти материалы не загрязняют окружающую среду, и даже в случае сноса зданий не причиняют вреда экосистеме или здоровью людей.

Как отмечено в исследовании [10], при создании и проектировании города соблюдались ключевые экологические принципы. Планировка Старой Саны выполнена таким образом, что большинство домов и дворцов окружены фруктовыми садами, расположенными в жилых районах. Благодаря этому город напоминает зеленый оазис круглый год. Методы

---

строительства предполагали создание обширных зеленых зон как на окраинах узких улочек, так и в центральных районах.

В городе насчитывается около 69 зеленых кварталов, чего так не хватает современным мегаполисам. Эти пространства играют важную роль, выполняя функцию естественных фильтров, очищающих воздух от пыли и загрязнений. Помимо этого, зелень способствует повышению влажности, создает тень и снижает эффект ослепления (рис. 4).



Рис. 4. – Городок Старая Сана считается примером зеленой архитектуры [11].

### **Принципы экологически устойчивого строительства в Йемене.**

Современное градостроительство в Йемене активно ориентируется на экологические, социальные и культурные особенности региона, стремясь создать комфортные и устойчивые условия для жизни. Основные аспекты и рекомендации можно сгруппировать следующим образом:

#### **1. Экологические и архитектурные принципы:**

##### **- Планировка застройки:**

Компактные жилые кварталы с оптимальной плотностью помогают снизить эффект теплового острова и повысить энергоэффективность. Учет розы ветров обеспечивает естественную вентиляцию, а зеленые насаждения, водные элементы и теневые зоны способствуют снижению температуры в городской среде.

##### **- Материалы и технологии:**

Использование местных природных материалов, таких как глина и камень, способствует теплоизоляции и снижению углеродного следа. Установка солнечных панелей и систем водосбережения помогает сократить использование ограниченных ресурсов.

## 2. Традиции и инновации:

Йеменская архитектура учитывает культурное наследие региона, включая башенные дома, теневые сады и аркады. Современные подходы сочетают традиционные методы строительства с новыми технологиями, такие как вертикальное озеленение и зеленые крыши. Развитие ремесленных центров и сохранение таких элементов, как машрабия, способствует восстановлению национальной идентичности.

## 3. Устойчивость к климатическим условиям:

Здания проектируются с учетом экстремальных климатических факторов: жары, песчаных бурь и наводнений. Толстые стены, небольшие окна и затененные пространства минимизируют тепло, а навесы и перголы защищают от солнца.

## 4. Энергетическая и водная эффективность:

- Солнечные панели используются для выработки электроэнергии и горячей воды.

- Системы сбора дождевой воды и очистки серой воды снижают нагрузку на водные ресурсы.

## 5. Социально-культурные аспекты:

Градостроительные решения учитывают потребности местных общин, плотность застройки соответствует семейным и клановым структурам. Пространства для общения и работы интегрируются в жилые кварталы.

## 6. Рекомендации для улучшения:

- Развитие технологий, основанных на традициях йеменского строительства, таких, как глинобитные дома.

---

- Акцент на исследованиях в области социального и культурного поведения для создания комфортной среды.
- Внедрение конструктивного контроля и стандартов в архитектурной практике.
- Достижение экономической эффективности за счет простоты дизайна и использования местных материалов.

Эти меры направлены на создание комфортной, устойчивой и адаптивной городской среды, которая будет соответствовать как традициям Йемена, так и современным требованиям.

Влияние экологических факторов на формирование жилой застройки в Йемене является ключевым аспектом устойчивого развития. Традиционная архитектура, успешно адаптированная к экстремальным природным условиям, служит ориентиром для современных решений.

Современные подходы к строительству, включая использование местных материалов, энергоэффективные технологии и природные методы охлаждения, позволяют минимизировать воздействие на окружающую среду и повысить комфорт жителей. Внедрение этих подходов в градостроительство Йемена способствует созданию экологически устойчивых и социально ориентированных городских пространств.

Таким образом, для дальнейшего устойчивого развития жилых районов Йемена необходимо продолжать совершенствовать экологические подходы в градостроительстве, а также внедрять инновационные технологии, учитывающие особенности климата и природных ресурсов региона.

### **Литература**

1. Alabsi A.A.N. The Applications of Traditional Building Technologies in Contemporary Architecture in Yemen. A dissertation submitted to Tongji University in conformity with the requirements for the degree of Master of Architecture, 2013. P. 8. URL: 10.13140/RG.2.2.23979.39202.

2. Хазаеа А.А.О., Дорошенко А.В., Грязнова В.В. Формирование йеменской традиционной архитектуры в зависимости от климатических регионов // Жилищное строительство, 2022, № 12. С. 40. URL: [doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-39-47](https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-39-47).

3. Самойлова Н.В., Аль-Бадви Н.А.М.М. Архитектурно-градостроительные принципы организации «зелёного» рекреационного каркаса йеменского города Сана // Инженерный вестник Дона, 2022, № 11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8002](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8002).

4. Антюфеев А.В., Самойлова Н.В., Аль Бадви Н.А.М.М. Особенности формирования концепции архитектурно-планировочной организации рекреационного «зелёного» каркаса йеменского города Ибб // Инженерный вестник Дона, 2023, № 5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8397](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8397).

5. Al-Hariri K.M., Al-Sharif A.A. “Water resources management in Yemen: challenges and opportunities.” International Journal of Water Resources Development, 2017, Volume 9, № 5. pp. 543–558.

6. Sultan B. Modern Traditional Buildings in Yemen and Sustainable Development, Conference: Symposium on Yemeni Architecture and Modern Challenges, University of Aden, Aden, 2008, Volume 1. P. 2.

7. Абдо И.И.А. Исторический опыт климатического архитектурного проектирования в Йемене // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2024, Т. 26, № 3. С. 25–36.

8. Забалужева Т.Р., Юсфи Р. Традиционное арабское жилище и современное жилищное строительство в Сирии // Промышленное и гражданское строительство, 2016, № 3. С. 10-14.

9. Юссиф Т. Зеленые крыши и городская экология: перспективы применения в городах Йемена. Вестник зеленого строительства, 2018. С. 85-93.



10. Ali A.M., Al-Shaush S.S. The Urban Ecological Heritage of the Old City of Sanaa (Between Past and Present) // Journal of science and technology. Architecture Engineering. 2010, Volume 15, № 2. URL: doi.org/10.20428/jst.v15i2.121.

11. Al-Olafi M., Ghazi H., Al-Qasibati N. The Architectural Thought for Residential Building in Sana'a between Tradition and Contemporary // Damascus University Journal. Syria. 2013. Vol. 29. P. 107.

### References

1. Alabsi A.A.N. Dissertation submitted to Tongji University in conformity with the requirements for the degree of Master of Architecture, 2013. P. 8. URL: 10.13140/RG.2.2.23979.39202.

2. Xazaea A.A.O., Doroshenko A.V., Gryaznova V.V. Zhilishhnoe stroitel'stvo, 2022, № 12. P. 40. URL: doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-39-47.

3. Samojlova N.V., Al'-Badvi N.A.M.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 11. P. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8002.

4. Antyufeev A. V., Samojlova N. V., Al' Badvi N. A. M. M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8397.

5. Al-Hariri K. M, Al-Sharif A. A. International Journal of Water Resources Development, 2017, Volume 9, № 5. pp. 543–558.

6. Sultan B. Symposium on Yemeni Architecture and Modern Challenges, University of Aden, Aden, 2008, Volume 1. P. 8.

7. Abdo I.I.A. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2024, T. 26, № 3. pp. 25–36.

8. Zabalueva T. R., Yusfi R. Promy'shlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2016, № 3. pp. 10-14.

9. Yussif T. Zeleny'e kry'shi i gorodskaya e'kologiya: perspektivy` primeneniya v gorodax Jemena. Vestnik zelenogo stroitel'stva, 2018. pp. 85-93.



10. Ali A. M., Al-Shaush S.S. Journal of science and technology. Architecture Engineering. 2010, Volume 15, № 2. URL: [doi.org/10.20428/jst.v15i2.121](https://doi.org/10.20428/jst.v15i2.121).

11. Al-Olafi M., Ghazi H., Al-Qasibati N. Damascus University Journal, Syria, 2013, Vol. 29. P. 107.

**Дата поступления: 27.12.2024**

**Дата публикации: 25.02.2025**