

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

На правах рукописи

БЕНЮСЕФ Мохаммед Яссин

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ
ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ПУСТЫНИ САХАРА**

Специальность 2.1.12
Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата архитектуры

Научный руководитель:
Разин Андрей Дионисович
кандидат архитектуры, доцент

Москва - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПУСТЫНИ САХАРА	15
1.1 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА АРХИТЕКТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПУСТЫНИ САХАРА	15
1.1.1 <i>Природно-климатические факторы</i>	16
1.1.2 <i>Демографические факторы</i>	20
1.1.3 <i>Социально-культурные и экономические факторы</i>	22
1.1.4 <i>Эколого-энергетические факторы</i>	25
1.2 ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ПУСТЫНИ САХАРА	26
1.2.1 <i>Исторический анализ градостроительства в пустыне Сахара</i>	26
1.2.2 <i>Современные тенденции развития городов пустыне Сахара</i>	37
1.2.3 <i>Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп в городах Сахары</i>	39
1.3 АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНОГО ОПЫТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ПУСТЫНЕ САХАРА	45
1.3.1 <i>Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых домов в пустыне Сахара до европейской колонизации – традиционные жилища (до XIX в.в.)</i>	47
1.3.2 <i>Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара в период европейской колонизации (с XIX до середины XX в. в.)</i>	56
1.3.3 <i>Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара</i>	59
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	64
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОПЫТ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕГИОНАХ С ЖАРКИМ СУХИМ КЛИМАТОМ	66
2.1 СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИЖЗ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО СУХОГО КЛИМАТА.	66
2.1.1 <i>Типология и архитектурно-планировочные решения ИЖЗ.</i>	69
2.1.2 <i>Параметры и факторы создания комфортного микроклимата помещений ИЖЗ</i>	75
2.1.3 <i>Активные и пассивные энергосистемы ИЖЗ в жарко-сухом климате</i>	77
2.2 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ИЖЗ: ПОДХОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ	88

2.2.1 Анализ современной практики проектирования ИЖЗ и тенденции использования глинобитных материалов в строительстве	89
2.2.2 Специфика применения строительных материалов в условиях пустыни Сахара	97
2.2.3 Энергоэффективность и экологическая безопасность архитектуры ИЖЗ в условиях жарко-сухого климата.	112
2.2.4 Анализ зарубежного опыта и перспективы формирования архитектуры ИЖЗ с применением современных строительных технологий	115
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	122
ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ПУСТЫНЕ САХАРА	124
3.1 ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ПУСТЫНЕ САХАРА	124
3.1.1 Принцип адаптивности ИЖЗ	125
3.1.2 Принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ	127
3.1.3 Принцип трансформации и рациональной функциональной организации (принцип гибкой планировки)	128
3.1.4 Принцип экологической безопасности и «устойчивости»	130
3.1.5 Принцип эффективного использования современных технологий.	132
3.2 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВОЧНЫМ РЕШЕНИЯМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ	133
3.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АРХИТЕКТУРНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИЖЗ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ПУСТЫНИ САХАРА	139
3.3.1 Типологические характеристики ИЖЗ по уровню комфорта в городах Сахары	139
3.3.2 Рекомендации по площади и функционально-пространственной организации массовой ИЖЗ.	147
3.3.3 Рекомендации по применению возобновляемых источников энергии в архитектуре ИЖЗ	155
3.3.4 Рекомендации по применению архитектурно-конструктивных и инженерно-технических решений.	159
3.4 ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	166
ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ	169
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ...	171

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	175
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	176
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	178
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	203
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТАБЛИЦЫ И ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ	206
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСТОЧНИКИ ИЛЛЮСТРАЦИЙ.....	277

«Первым сооружением человека было жилище, дом...
С жилища начинается архитектура,
с жилища начинается город»

А. К. Буров

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Сахара является крупнейшей пустыней на Земле. Её территория занимает большую часть Северной Африки¹. Площадь пустыни Сахара составляет 9 миллионов квадратных километров. Растущий интерес к освоению пространства пустынь, а именно к их природным условиям, городам, культурным и социальным различиям, даёт импульс для различных научных исследований, в том числе, в области архитектуры и градостроительства. В настоящее время на территории пустыни Сахара происходят социально-экономические, культурные и геополитические изменения, которые оказывают большое влияние на архитектуру и градостроительство рассматриваемого региона². С 1945 по 1965 год население Сахары выросло на полмиллиона человек (с 1, 5 до 2 млн. чел.). С 1965 года население пустыни начинает быстро расти, достигнув 10 миллионов жителей в середине 1990-х годов. В настоящее время на территории пустыни проживает более 15 миллионов человек. Тем не менее, пустыня Сахара считается малонаселенной.

В XIX веке в Сахаре наметилось нарушение баланса, который долгое время существовал между обществом, экономикой и пространством. Колониальный период³ привнес в Сахару культурную модель, совершенно отличную от

¹ Территория пустыни граничит с Атлантическим океаном на западе и Красным морем на востоке; включает в себя одиннадцать стран: Алжир, Чад, Египет, Ливию, Марокко, Мали, Мавританию, Нигер, Тунис, Судан и Западную Сахару.

² См.: Olivier Pliez. *Villes du Sahara: urbanisation et urbanité dans le Fezzan libyen (Espaces & milieux)* / CNRS Éditions via Open-Edition/ 9 October 2003; Belguidoum Saïd. *Urbanisation et urbanité au Sahara. //In: Méditerranée/*, tome 99, 3-4-2002. *Le sahara, cette «autre Méditerranée»* (Fernand Braudel)– pp. 53-64;

³ С начала 19 века до середины 20 века территория пустыни Сахара контролировалась европейскими колониальными державами. Франция оккупировала Алжир, Чад, Мали, Марокко, Мавританию, Нигер и Тунис. Испания оккупировала Западную Сахару, Италия оккупировала Ливию, Англия оккупировала Египет и Судан. Колонизация Сахары привела к социокультурным, демографическим и политическим изменениям государств Сахары.

традиционной культуры местных арабских и африканских народов и племен. Во время колонизации местные сообщества подвергались архитектурному и социальному разрушению. Произошел разрыв социальных связей между группами населения, что вело к игнорированию местных архитектурных традиций, которые в большей степени гармонизировали среду обитания народов Сахары. Во второй половине XX века социальные и демографические показатели в регионе пустыни Сахара кардинально изменились. Это произошло в результате различных территориальных, экономических и политических событий, который привело к серьезным проблемам в архитектурном проектировании и строительстве жилищ.

Индивидуальные жилые здания (ИЖЗ)⁴ как тип жилища наиболее соответствуют образу жизни, традициям, обычаям населения Сахары и адаптированы к жарко-сухому климату. Развитие архитектуры ИЖЗ в городах Сахары стало актуальным в связи с проблемами в планировании развития жилой застройки, ростом численности населения и увеличения спроса на ИЖЗ. Более того, сегодня в городах Сахары строится большое количество индивидуальных жилых домов, которых недостаточно учитывают климатические и социокультурные особенности региона, и которые в малой степени соответствуют экологической и экономической структуре современного общества Сахары.

Проблема обеспечения населения жилыми домами в странах Сахары – это, прежде всего, кризисная ситуация, проявляющаяся в нехватке жилища, как в качественном содержании, которое отстает от требований различных социальных групп населения, так и в количественном выражении, где в большинстве случаев является причиной провала жилищных стратегий и программ, основанных на европейских парадигмах.

В области проектирования и строительства, охватывающей также архитектурно-планировочные решения ИЖЗ, существуют очевидные пробелы в

⁴ Индивидуальные жилые здания (ИЖЗ) – малоэтажные жилые многоквартирные дома. ИЖЗ могут быть отдельно стоящие и блокированные, предназначенные для проживания одной семьи. ИЖЗ располагается на отдельном участке.

действующей нормативной документации и регламентах⁵. Всё это приводит к крайне беспорядочной застройке. За последние два десятилетия эти проблемы стали более острыми в большинстве городов, где существует огромный дефицит жилья: трущобы (бидонвили) и стихийные поселения, антисанитарные жилищные условия и высокая стоимость строительных материалов. В результате жилищная проблема для большей части населения Сахары решена не была и обеспеченность индивидуальным жилищем находилась на очень низком уровне.

Анализ и изучение архитектуры городов Сахары имеет большое значение для выявления особенностей формирования архитектуры ИЖЗ. Однако до сих пор недостаточно исследованы и разработаны принципы архитектурного проектирования индивидуальных жилых зданий в условиях городской застройки пустыни Сахара.

На основании вышеизложенного, назрела необходимость проведения научного исследования в данном направлении, которое охватывает целый ряд градостроительных, архитектурно-планировочных, конструктивно-технических, технологических решений, с учетом традиционной культурной организации в проектировании индивидуальных жилых домов и доказывает его актуальность в наше время.

Степень научной разработанности темы. Большой объем работ российских и зарубежных исследователей связан с рассмотрением вопросов архитектуры традиционного (народного) жилища в условиях пустыни Сахара и в районах с жарко-сухим климатом. Значительный вклад в изучение данного вопроса В. Л. Ворониной [11], В. М. Фирсанова [43], К. А. Биркая, Н. В. Оболенского [31], С. О. Хан-Магомедова [29], А. Раверо (A. Ravereau), А. Форузанмехр (A. Foruzanmehr) [135], Б. Рудофски (B. Rudofsky), Л. Голвин (L. Golvin) [141], В. Вебер (W. Weber),

⁵ Изученные основные нормативные документы, к которым чаще всего обращаются профессионалы в области архитектуры: закон № 90-29 от 01.12.1990 «О развитии градостроительства» (ЖОРА № 52, 1990); указ № 91-175 от 28.05.1999, определяющий общие правила градостроительства и строительства (ЖОРА № 26, 1991); закон № 99-09 от 28.07.1999 «Об энергетическом контроле и экологических проблемах» (ЖОРА № 51, 1999); закон № 04-09 от 14.08.2004 «О продвижении возобновляемых источников энергии в рамках устойчивого развития» (ЖОРА № 52, 2004 г.); указ № 2000-90 от 24.04.2000 «О тепловом регулировании в новых зданиях» [280, 281, 282].

С. Яннас (S. Yannas) [252], П. Оливер (P. Oliver) [201], С. Наджи (S. Naji) [195], Ж. Детье (J. Dethier) [110]. Следует отметить, что направление работ большинства авторов укладывается в рамки анализа опыта строительства и изучения методов и способов адаптации традиционного жилища в условиях жаркого климата.

Существует необходимость изучения не только архитектуры индивидуальных жилых зданий, но и исследований, касающихся градостроительных аспектов и проблем проектирования жилой застройки. В этот раздел значительный вклад внесли работы А. Н. Римши [37], Г. А. Потаева [35], З. Н. Яргиной [47], И. Г. Лежавы [12], А. Пикард (A. Picard) [212], Б. Бенюсеф (B. Benyoucef) [71], О. Пльез (O. Pliez) [213], С. Белгидум (S. Belguidoum) [72], К. Мальверти (X. Malverti) [178] и др⁶.

Теоретическую базу исследования в области территориально-климатических характеристик пустыни Сахара свой вклад внесли: М. С. Мягков, А. Меллион (A. Mellion) [181], Дж. Биссон (J. Bisson) [76], Дж. Деманжо (J. Demangeot) [107], Дж. Дреш (J. Dresch) [114], Л. Берри (L. Berry), Я. Кузмин (Y. Kouzmine) [164]. Более того, особое внимание следует уделить вопросам влияния климатических условий на формирование архитектуры ИЖЗ и проектирование жилых территорий, рассмотренных в работах Б. Н. Засыпкина, В. К. Лицкевича [26, 27], Д. Э. Аронина [3], К. К. Шевцова [44], Л. Н. Киселевича [23], С. В. Зоколя [18], А. Рапорпорт (A. Rapoport) [57], Р. Дивсалар (R. Divsalar) [111] и др⁷.

Общетеоретические исследования, касающиеся социально-культурного, экономического подхода к проектированию современного жилища, представлены

⁶ Напр.: Форрестер, Дж. Динамика развития города / Дж. Форрестер ; ред. Ю. П. Иванилов, А. П. Иванов, Р. Е. Оганов; пер. с англ. М. Г. Орловой. – Москва: Прогресс, 1974; Arnaud J. L. Cairo: The Development of a Modern City (1867-1907) / Arnaud, J-L. – Paris: CNRS, 1996; Scott Baum, Methods in Urban Analysis / Publisher: Springer, Griffith university, Edition: 2021 ed. – С. 29-87.

⁷ Напр.: Римша А.Н. Градостроительство в условиях жаркого климата. Учебник для вузов // М.: Стройиздат.- 1979.—С. 312; Aguilar B., L. Dipasquale & S. Mecca. Vernacular Heritage and Earthen Architecture Contributions for Sustainable Development. [Print] // Edition: London Chapter: The patio house in Morocco: A sustainable design strategy Publisher: CRC Press-Taylor & Francis Group.- 2014; Allen G. Noble. Traditional Buildings, A Global Survey of Structural Forms and Cultural Functions. [Print] // I. B. Tauris, New York.- 2007.; Brian Edwards, Magda Sibley, Mohamad Hakmi, Peter Land. Courtyard Housing Past, Present and Future. [Print] // Taylor & Francis. New York.- 2006; Fabbri, A., Morel, J.C. Earthen Materials and Constructions. [Print] // In K. A. Harries, & B. Sharma (Eds.), Nonconventional and Vernacular Construction Materials: Characterisation, Properties and Applications. Woodhead Publishing.- 2016.

в научных трудах таких ученых как: В. И. Иовлев [19], К. Фрэмpton (K. Frampton) [137], А. Муссауи (A. Moussaoui) [186], Х. Фатхи (H. Fathy) [129], Х. Мортада (H. Mortada) [189].

Исследования в области проектирования индивидуальных жилых зданий с учетом современных строительных и энергоэффективных технологий и экологических материалов были проведены в работах следующих ученых: Г. В. Есаулова [15], Е. С. Баженовой, Н. А. Сапрыкиной [39], М. В. Лисициан [4], М. М. Бродач [41], С. Щеглова [46], Ю. А. Табунщикова [41], А. Фаббри (A. Fabbri) [125], Дж. Кибл (J. Keable) [160]. Также в трудах К. К. Карташовой, З. К. Петровой [34] отражена реализация проектов по организации жилых застроек, и изучены типологические основы проектирования жилых зданий. Из зарубежных исследований можно выделить работу Д. Гаузин-Мюллера (D. Gauzin-Müller), и Гернота Минке (G. Minke) [182], где изложены принципы, методы и требования к проектированию современных и экологических зданий с использованием глинобитных строительных материалов.

При всем многообразии научных работ в архитектурной науке, в отечественной литературе по актуальным вопросам проектирования и эволюции архитектуры индивидуальных жилых зданий в условиях пустыни Сахара, до последнего времени остается незначительной доля работ, представляющих анализ отечественного опыта проектирования индивидуальных жилых зданий за последние два десятилетия. Исследование особенностей формирования архитектуры индивидуальных жилых зданий в условиях пустыни Сахара – это комплексная проблема, при решении которой необходимо учитывать следующие факторы: природно-климатические, социально-экономические, градостроительные, культурные, эстетические, типологические, технологические, экологические и средовые.

Цель исследования – выявить особенности, принципы и перспективы формирования архитектуры современных индивидуальных жилых зданий в

пустыне Сахара для городского строительства с учетом местных культурных традиций и природно-климатических факторов на основе инновационных материалов и энергоэффективных технологий.

Основные задачи исследования:

1. Выявить факторы и локальные типологические особенности, влияющие на формирование архитектуры индивидуальных жилых зданий в условиях пустыни Сахара.

2. Проанализировать мировой исторический и современный опыт проектирования индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) с точки зрения типологических характеристик, архитектурно-строительных решений, генеральных планов, а также используемых современных технологий и экологичных материалов.

3. Определить требования и принципы формообразования современного индивидуального жилища, соответствующего местным культурным особенностям и обеспечивающего комфортную среду проживания в условиях пустыни Сахара.

4. Разработать предложения по планировочным решениям индивидуальной жилой застройки.

5. Разработать рекомендации по архитектурно-планировочным решениям и определить типологические особенности ИЖЗ в городских условиях пустыни Сахара.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

1. Выявлены и уточнены отличительные особенности архитектуры индивидуального жилища городов Сахары.

2. Проведен комплексный анализ проблем формирования индивидуального жилища в условиях пустыни Сахара с учетом функциональных, социально-экономических закономерностей его развития, демографических особенностей и требований к жилищу.

3. Определены факторы и разработаны основные принципы формирования архитектуры индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) и общая концепция развития индивидуального жилища в условиях пустыни Сахара.

4. Впервые автором предложена типологическая классификация ИЖЗ по уровню комфорта в условиях пустыни Сахара.

5. Разработаны рекомендации для проектирования ИЖЗ в условиях пустыни Сахара с учетом региональной специфики и влияния актуальных тенденций на формирование жилой архитектуры.

Объект исследования – индивидуальные жилые здания (ИЖЗ), проектируемые для городской застройки в условиях пустыни Сахара.

Предмет исследования – особенности и принципы архитектурно-планировочной организации и функционально-пространственной структуры индивидуальных жилых зданий в условиях пустыни Сахара с учетом степени комфорта, культурного наследия, современных технологий и материалов.

Методология и методы диссертационного исследования.

1. Анализ и обобщение материалов литературно-исторических источников, нормативных документов, климатических статистических данных, социокультурных факторов, индивидуального жилья в пустыне Сахара.

2. Анализ исторического опыта развития архитектуры в регионе Сахара.

3. Анализ современного мирового опыта проектирования и строительства объектов и зарубежных научных разработок индивидуальных жилых зданий и сооружений в условиях жаркого сухого климата пустынь.

4. Графо-аналитические и архитектурно-композиционные исследования современных проектных предложений по индивидуальному жилищу в странах пустыни Сахара.

5. Оценки архитектурных решений индивидуального жилища в пустыне Сахара (экспертная, экономическая).

6. Метод концептуального моделирования, заключающийся в синтезе функционально-пространственных, климатических и культурных характеристик индивидуального жилища в условиях пустыни Сахара.

7. Натурные обследования отдельных объектов индивидуальных жилых зданий и сооружений проводились автором в течение экспедиционных поездок в 2017–2019 годах в ряд городов Алжира с целью изучения условий проживания и современных требований жителей пустыни (фото-фиксация и обмерные эскизы).

Границы исследования

Географические границы – территория пустыни Сахара (Алжир, Чад, Египет, Ливия, Мали, Мавритания, Марокко, Нигер, Западная Сахара, Судан, Тунис).

Хронологические границы – от XIX-го века н.э. до настоящего времени, архитектура индивидуальных жилых зданий городских поселений. *Смысловая граница* – архитектура индивидуальных жилых зданий городских поселений в условиях пустыни Сахара.

Гипотеза исследования – проектирование индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) в условиях городской застройки Сахары возможно осуществлять, опираясь на разработки принципов, способных повысить качество архитектурных решений и обеспечить комфортные условия проживания.

Научные положения, выносимые на защиту:

- Принципы формирования архитектуры современных индивидуальных жилых зданий с учетом современных требований и культурных традиций в условиях городов Сахара.
- Методы и приемы архитектурного проектирования индивидуальных жилых зданий и сооружений в условиях городов пустыни Сахара.
- Рекомендации по проектированию индивидуального жилья в условиях городской застройки пустыни Сахара.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в том, что на основе сформулированных принципов формирования архитектуры

жилых зданий и предложений возможна разработка комплекса рекомендаций по современным архитектурным решениям индивидуальных жилых зданий и сооружений, благоустройству с учетом социальных и культурных требований. В дальнейшем возможно создание комфортных зон для проживания и улучшения экологической ситуации в городах Сахары.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждены участием автора в следующих конференциях:

1) Всероссийская научно-практическая конференция «Экологически ориентированная архитектура высоких технологий», МАРХИ, Москва, 14 – 15 декабря 2022 г., доклад «Развитие архитектуры экологических глинобитных малоэтажных жилых зданий с использованием технологии 3Д-строительных принтеров»;

2) International conference on engineering systems 2021 (ICES 2021), 28-30 April 2021, Moscow, Russia, article «3D printing technology: a sustainable strategy toward a contemporary earthen building design»;

3) Divergence in Architectural Research, Georgia Tech Symposium 2020, March 05-06, 2020, Atlanta, USA, Article «Architectural Mutations of Individual Houses in the Sahara Desert: Case of Algerian Sahara»;

4) International conference on Built Environment and Eco-Design (ICBEED 2019), December 26-28, 2019, Kyoto, Japan. Article «Contemporary Architecture Design of Eco-Clay Material- Ecological Alternatives for Individual Houses in The Sahara Desert»;

5) IV Международная научно практическая конференция «Академическая наука в современных условиях: проблемы и перспективы», г. Уфа, 10-11 декабря 2019 г., доклад «Традиционные методы формирования жилищной архитектуры в условиях пустыни Сахара».

Основные положения и выводы диссертации опубликованы в 8 работах, в том числе в двух статьях в изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science (WoS) и Scopus, трех статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Объем и структура диссертации.

Диссертация представлена в одном томе, включающем введение, три главы, основные выводы и результаты исследования, заключение, словарь специальных терминов (12 словарных статей), список сокращений, список литературы (282 наименования) (общий объем 282 страницы), а также приложения с иллюстративными материалами и таблицами (65 таблиц).

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПУСТЫНИ САХАРА

1.1 Факторы, влияющие на архитектурное формирование индивидуальных жилых зданий на территории пустыни Сахара

В настоящее время на территории пустыни Сахара происходят социально-экономические, культурные и геополитические изменения, которые оказывают большое влияние на архитектуру и градостроительство городов Сахары. Пустыня Сахара является крупнейшей пустыней на Земле. Её территория занимает большую часть Северной Африки. Площадь пустыни составляет 9 миллионов квадратных километров и ныне расширяется на юг [116, 17]. Название «пустыня» обычно применяется к обширной необрабатываемой и необитаемой территории [181]. Этимологическое слово «пустыня» происходит от латинского «*Déserta*», что означает «необитаемое место» [114], а также название «*Сахара*» происходит от арабского существительного «*حصر*» , что означает «пустыня». Пустынные «экосистемы» занимают от 33% до 36% нашей планеты [176]. В классификации пустыня Сахара – это субтропическая, жаркая зональная пустыня, возникшая в результате нагрева воздуха под воздействием постоянных антициклонов, которые формируются между 25 ° и 35 ° северной широты [107]. Территория Сахара граничит с Атлантическим океаном на западе и Красным морем на востоке, и включает в себя одиннадцать стран: Алжир, Чад, Египет, Ливию, Марокко, Мали, Мавританию, Нигер, Тунис, Судан и Западную Сахару (Рисунок 1). Эти страны делят Сахару на две группы: на североафриканском «*склоне*» находятся Марокко, Алжир, Тунис, Ливия и Египет; на Сахелианской «*стороне*», на юге находятся Мавритания, Мали, Нигер, Чад, Судан [82, 214].

Пустыня Сахара имеет природные ресурсы и богатое архитектурное наследие. Исторические города Сахары сформировались в результате делительного торгового обмена, который существовал в течении одиннадцати веков между северной и южной частью Сахары [258].



Рисунок 1. Карта пустыни Сахары, 1 : 42 300 000 (рисунки автора).

1.1.1 Природно-климатические факторы

Адаптация архитектуры к климатическим и ландшафтными особенностям региона Сахары является одним из важнейших вопросов, который особенно значителен в проектировании архитектуры ИЖЗ. Сахара характеризуется разнообразием ландшафтов, граничит на севере с горным хребтом Атлас, который состоит из гор, в сочетании с плато и Саванны на юге. Ландшафты Сахары, состоят примерно на 15% из дюн (*Эрг*), которые могут достигать почти 220 метров в высоту, на 15% из разнообразных форм рельефа и на 70% из равнины (*Рег, Хмада*) [223], другие топографические особенности включают горы, плато, песчано-гравийные равнины, солончаки, котловины и впадины. Например, существуют также огромные высокогорья (такие как Н'Аджер Тассили в Юго-Восточном Алжире), и некоторые горные массивы (часто вулканического происхождения), такие как Хоггар (Алжир), Аир (Нигер) или Тибести (Чад и Ливия), где самый высокий Пик (Эми Кусси) поднимается на высоту 3415 м, а безводная впадина Каттара в Египте является самой глубокой точкой Сахары (133 м ниже уровня моря) [222]. Сахара отличается широким распространением явления опустынивания. Феномен опустынивания представляет собой одну из величайших экологических проблем и серьезное препятствие для обеспечения основных потребностей населения,

проживающего в засушливых зонах. Начиная с 1920 года, пустыня Сахара выросла почти на 10% [200, 244].

Климат является важным фактором, влияющим на формирование архитектуры ИЖЗ и градостроительство в пустыне Сахара [26, с. 288]. Климат⁸ Сахары является жарко-сухим из-за малого количества осадков, чрезвычайно высоких температур летом, ветров, способствующих усилению испарения и засушливости [260]. Климатическая классификация Кӧрпен обеспечивает хорошо документированное обновление карты классификации мирового климата [167]. Представлена Кӧрпен карта, которая характеризуется сезонной температурой и осадками, рассчитанными на каждой метеостанции и интерполированы между станциями [209]. Пустыня Сахара была классифицирована как BWh, где *B* означает аридный климат, *W* означает сухую или пустынную погоду, а *h* означает сухую жаркую погоду со среднегодовой температурой выше 18°C и чрезвычайно низкой относительной влажностью. Большая часть районов Сахары - это гипер-аридные районы, где осадки составляют менее 60-100 мм в год [59]. Климатические условия территории Сахара довольно разнообразны. Где Ж. Демангеот (Jean Demangeot) выделяет четыре климатических района [107, с. 313].

1. Прибрежные районы – запад Сахары;
2. Центральный район– очень жаркая пустыня, расположены три гипер-аридные района западный Танезруфт, Генере и Египетско-Ливийская пустыня (менее 5 мм в год);
3. Восточный район– побережное Красного моря;
4. Горные районы – где количество осадков достигает от 200 мм до 2000 мм.

Температура и влажность. В жаркое время года самые высокие температуры наблюдаются в нескольких регионах, таких как Туат, Тидикельт в Алжире и в некоторых регионах Ливии, где средний максимум превышает от 34°C в мае до

⁸ К элементам, составляющим климат относятся температура и влажность воздуха, скорость ветра, солнечная радиация и атмосферные осадки. Все эти климатические элементы накладывает особые требования к форме ИЖЗ, его ориентации, внутренней структуре и жилой застройке.

50°C в июле. Этот жаркий сезон длится около четырех месяцев. Минимальные и максимальные температуры варьируются от -5°C до 50°C [103]. Таблица 1 также показывает климатические условия для определенного числа населенных пунктов, расположенных по всей территории Сахары. Среднее значение дневных температур самого жаркого месяца более 45°C для Арауана, к северу от Тимбукту (Мали). Другие точки в Алжире, такие как Адрар, Тимимун, Ин-Салах, Аулеф и Регган, с высотой от 200 до 400 метров над уровнем моря, имеют более низкие летние средние максимумы (около 47°C) ежедневно в самые жаркие месяцы года. Холодный сезон длится около четырех или пяти месяцев, но температура редко опускается ниже порога 10°C [164]. За исключением некоторых городов, таких как Лагуат и Аль-Баяд (Алжир) в декабре и январе из-за высоты (1300 м) температура может опускаться до - 5 °С. В жарко-сухих районах NCEP / NCAR⁹ все виды деятельности человека проходят на открытом воздухе. Продолжительность и интенсивность использования наружного пространства могут существенно зависеть от погодных условий (Рисунок 2).

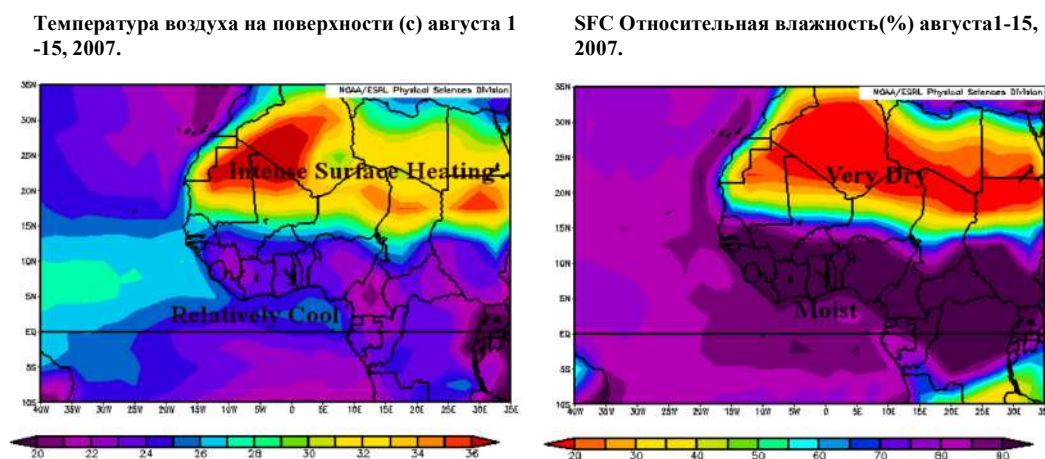


Рисунок 2. Повторный анализ NCEP / NCAR в Северной Африке в течение 1-15 августа 2007 г., показывающий градиенты температуры (слева) и влажности (справа) между прохладным влажным Гвинейским заливом и сухой пустыней Сахары.

⁹ Набор данных ре-анализа NCEP / NCAR - это постоянно обновляемый (с 1948 г. по настоящее время) набор глобальных данных, представляющий состояние атмосферы Земли, включающий результаты наблюдений и модель численного прогнозирования погоды (ЧПП) с 1948 г. по настоящее время. Это совместный продукт Национального центра прогнозирования состояния окружающей среды (NCEP) и Национального центра атмосферных исследований (NCAR).

Инсоляция. Нагрев стен, кровли и помещений индивидуальных жилых зданий в городах Сахары зависит от солнечной энергии и ориентации жилых зданий. Сахара получает наибольшее солнечное излучение в мире, инсоляция очень сильная, а влажность воздуха, как правило, очень низкая [103]. Это приводит к тому, что в некоторых пустынных регионах длительное время в среднем составляет 4000 часов или около одиннадцати часов солнечного света в день [132]. Значение 4300 часов (98%) времени будет зафиксировано в верхнем Египте (Асуан, Луксор) и в Нубийской пустыне (Вади-Халфа) [202].

Таблица 1

Температура и осадки в некоторых городах Сахары [115]

Страна	Город	Температура (° C)		Годовое количество осадков (мм)
		Максимум	Минимум	
Мавритания	Нуадибу	30,6	20,1	22,6
Мали	Арауан	45,7	н/д	н/д
	Тессалит	43,1	26,1	н/д
Алжир	Джанет	37,5	19	25
	Регган	45	21,2	н/д
	Таманрассет	35,2	19,8	51
	Аскрем*	23,4	10,4	380
Нигер	Агадес	43	29,3	н/д
Ливия	Гадамес	41,9	17,7	36,9
	Куфра	39,3	н/д	0,9
	Мурзук	42,4	19,4	8,3
	Себха	39,9	18,8	9,4
Египет	Асуан	42	н/д	2,2
* Аскрем (2710 м) — высокое плато, расположенное в 60 км к северу от Таманрассета (1400 м).				

Атмосферные осадки. На территории пустыни Сахара вода исторически была главным фактором развития городской среды [166, с. 255]. Осадки в регионах Сахары очень малые и нерегулярные, но иногда идут сильные дожди [73, с. 13]. Среднегодовое количество осадков изменяется менее чем на 25 мм (см. таблица 1.1, рис. 2) [150, с. 12]. Сегодня северной границе Сахары соответствует изолиния 100

мм (+ или - 50 мм годового количества осадков) [164]. Западное атлантическое побережье получает больше осадков, чем восточные зоны [116]. Например, оазис Куфра в Ливии получил в среднем 1 мм осадков, регион Ассекремь в среднем 380 мм осадков. Среднемесячное количество осадков в двух городах: в Туггурте (Алжир) и Фая (Чад), соответственно составляет менее 15 мм в течение всего года (Таблица 2).

Таблица 2

Примеры среднемесячного количества осадков (мм) [206]

Город / Страна	Месяцы											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Туггурт (Алжир)	5	10	15	2	5	2	0	0	0	5	15	10
Фая (Чад)	0	0	0	0	0	8	15	0	0	0	0	0

Дожди часто собираются в долинах (Вади)¹⁰ и реках. Наиболее важными реками и долинами являются: река Нигер, река Нил, долина Саура, река Чари в Чаде и Агаргарская долина. Эти долины и реки являются одними из важных водных бассейнов, кроме того, большинство пустынных городов расположены с рядом рекой или в долине.

Ветер является существенным климатическим фактором и играет важную роль в формировании градостроительных и архитектурных особенностей городов пустыни. Естественная вентиляция непосредственно зависит от направления преобладающих ветров, а также от ориентации жилых зданий. Из-за недостатка растительности влияние ветра ощущается сильное. Средние скорости ветра составляют 7.5 м/с [90, с. 58]. Где северо-восточные ветра нагреваются над пустыней и направляются к экватору. Выбор правильной ориентации ИЖЗ по сторонам света является одним из важных способов достижения теплового комфорта ИЖЗ и сохранения энергии.

¹⁰ Вади (по араб. وادي): Сухие русла рек и эрозионные речные долины временных водных потоков, заполняемых, главным образом только после сильных ливней в пустынях северной Африки.

Анализ природно-климатических факторов в городских условиях пустыни Сахары показал, что необходимо защищать ИЖЗ от следующих неблагоприятных природно-климатических факторов: перегрева, песчаных бурь, - поскольку эти факторы прямо влияют на выбор объемно-пространственной структуры здания и на меры по энергосбережению жилого дома.

1.1.2 Демографические факторы

С середины XX века демографические показатели в регионе пустыни Сахара кардинально изменились. Это произошло в результате различных территориальных, экономических и политических событий. С 1945 по 1965 год население Сахары выросло на полмиллиона человек (с 1, 5 до 2 млн. чел.). С 1965 года население пустыни начинает быстро расти, достигнув 10 миллионов жителей в середине 1990-х годов. В настоящее время на территории пустыни проживает более 15 миллионов человек [179]. Тем не менее, пустыня Сахара считается малонаселенной [213, с. 4]. Однако, официальные данные о демографическом росте не точно отражают действительную демографическую ситуацию в Сахаре.

Демографический рост является одним из важнейших маркеров изменений города и территорий Сахары. В качестве примера можно привести динамику урбанизации Алжирской Сахары: увеличение городского населения на 23,74% в 1954 г. - 31,98% в 1966 г. - 38,94% в 1977 г.- 49,07% в 1987 г.- 65,01% в 1998 г.- 70,3% в 2008 г. и более 78 % в 2018 году, но в целом плотность населения в Сахаре составляет менее 5 человек /кв. км [134].

Рост населения Сахары обусловлен увеличением возможностей трудоустройства в связи с ростом добычи нефти и металлов, а также проектами экономического развития, инвестициями в промышленном и сельскохозяйственном секторе, принятые правительствами стран Сахары Алжиром, Марокко и Ливией. Рост численности населения связан с эндогенным естественным приростом и миграцией между югом и севером Сахары. Призывы к приезду рабочих-иммигрантов играют решающую роль в заселении и урбанизации

Магриба¹¹ в Сахаре. В Магрибской части Сахары государства богаче (Алжир, Ливия, Египет и Марокко), где города насчитывают более 100 000 жителей (см. таблица 1.2, рис. 2). К примеру, регион Сахель беднее и менее урбанизирован, поскольку местное население традиционно вело кочевой образ жизни. На сегодняшний день жители Сахары в основном ведут оседлый образ жизни и около 80% из них горожане [81].

1.1.3 Социально-культурные и экономические факторы

Населения пустыне Сахара имеет многообразный социокультурный, религиозный и этнический состав населения. Жилая архитектура в разных частях пустыни различается в зависимости от культурных и национальных особенностей. Изменения в обществе выражены в архитектуре [201]. Каждая этническая группа на протяжении своей истории вырабатывала наиболее рациональные пространственно-планировочные и конструктивные решения для традиционного жилища. Основываясь на анализе различных особенностей архитектуры Сахары, необходимо рассмотреть возможность синтеза традиционного архитектурного наследия и новых архитектурных форм, обусловленных техническим прогрессом. Пространство Сахары населяет множество этносов: Арабский, Амазигский, Санхаджанаский, Нубийский, Хауса, Мавританский (Марокко, Мавритания, Сенегал), Туарегский (Алжир, Ливия, Нигер, Мали), Тубу (Чад, Ливия и Нигер) и Загхавский (Судан, Чад, Ливия), а также другие этнические группы [14]. В регионе северной Африки самая высокая концентрация мусульман в Африке. Ислам считается самой доминирующей религией в пустыне Сахары, где более 92% населения мусульмане [210].

Тип, состав и потребности семьи определяют необходимый функционально-планировочный выбор ИЖЗ. Более того, социальное положение, образ жизни и культура проживания выражаются во внутреннем и внешнем облике

¹¹ Магриб (араб. مغرب) - это союз государств, в настоящее время состоящих из 6 стран в Северной и Западной Африке (Алжир, Ливия, Мавритания, западная Сахара, Марокко и Тунис). Все государства-члены имеют общую площадь 6,05 миллиона км² и около 103,17 миллиона человек.

индивидуального жилого дома. Структура семьи связана с традиционным образом жизни населения Сахары, где в одном доме могут вместе жить от 4 до 11 человек из более чем двух поколений семьи. Эта практика имеет определяющее значение для функционального зонирования и объемно-планировочного решения ИЖЗ. В целом, семейная или пространственная организация централизована, по нескольким причинам и факторам: экономическому, социокультурному и религиозному [1].

Для городов Сахары характерны **консервативная социальная структура населения**. Положение семьи и положение женщин являются основными двигателями изменений в функциональной зонирования ИЖЗ [205]. Где принципы приватности и гостеприимство являются важным и ключевым фактором в организации жилого пространства и связи между помещениями дома. Влияние культуры и традиции на использование пространства, предполагает, что при изменении культуры меняются пространственная и функциональная схемы жилого помещения [236]. Таким образом, приватность и гостеприимство обусловили наличие двух зон в доме: гостевой зоны и семейной зоны.

В пустыне Сахара есть различные типы домов, и они могут варьироваться от города к городу и от страны к стране. В целом, развитие архитектуры ИЖЗ определяется по уровням доходов семей, где блокированные дома считаются более доступными, экономичными и востребованными семьями в городах Сахары. В среднем, большинство населения городов Сахары имеют потенциальную возможность приобретения или получения ИЖЗ по социальным программам и их количественное возрастание отражает растущий спрос на индивидуальное жилище. Сегодня многие семьи вынуждены жить в съемном доме и квартирах. Развитие жилой архитектуры в некоторых странах Сахары находится еще на экспериментальном этапе и в поиске нового направления, более соответственного климатический, социокультурный и экономической условиях Сахары.

Сегодняшнее сообщество в Сахаре представляет собой очень сложные формы социально-культурные дифференциации, которые трудно обобщить и

систематизировать строгим образом. Критерии, используемые в большинстве эмпирических исследований социальной стратификации (уровень дохода, правовой статус, престиж или социальное влияние), лучше всего позволяют разработать определенную классификацию, которая более или менее точно отражает иерархии и социально-экономическое неравенство [144, с. 133].

В Сахаре всегда совмещалось два образа жизни: кочевой и оседлый. В последние десятилетия сельскохозяйственный сектор продолжает играть важную роль в экономике Сахары, но все еще вторичен по отношению к нефтяному и промышленному секторам [126]. Города Сахары достаточно разнообразны, некоторые имеют пальмовые рощи (Адрар, Бешар, Гадамес, Сива), другие не имеют Ксар (Таманрассет, Хасси Мессауд, Хасси Эль-Рмель), а некоторые сохранили старое крестьянское хозяйство (Уаргла, Туггурт, Эль-Уэд). Пальмовые рощи остаются в экономической жизни и имеют экологическую составляющую.

В прошлые века орошаемое земледелие и скотоводство считались важнейшими занятиями в Сахаре. В настоящее время экономика Сахары представляет нефтегазовую отрасль, как одну из важнейших отраслей, определяющих экономику таких стран, как Алжир, Ливия, Судан. Преобразования в городах и сельском хозяйстве сопровождаются новыми сетями коммерческих связей и миграционными процессами, независимо от государственных границ. Новые города Сахары были созданы или инициированы самими государствами и были источником новых экономических отношений в течение четверти века. Так отмечен, быстрый рост городов, внедрение промышленности в пустыне, повышение спроса на услуги специалистов различных профессий, перемещение сельскохозяйственных рабочих в другие сферы деятельности, миграции кочевников [76]. Регион Сахары чрезвычайно богат различными ресурсами и является экономическим пространством, которое обладает природными ископаемыми [214]: нефтью и газом в Алжире, Ливии и Египте, ураном в Нигере, фосфатами в Марокко, железной рудой в Мавритании.

В XX веке пустыня Сахара становится одним из центров развития энергетической промышленности, особенно после обнаружения богатств ее недр (нефти, газа, минералов и грунтовых вод). Возникает необходимость государственного территориального контроля и выделения инвестиций для определенных регионов. Урбанизация и новое административное устройство в пустыне Сахара укрепили определенные населенные пункты, ослабив сельское и кочевое население. Благодаря своему географическому положению, Сахара переживает экономический, городской и культурный рост [67, 172].

1.1.4 Эколого-энергетические факторы

В городах Сахары высокое потребление энергии зданиями происходит по причине необходимости охлаждения при высокой температуре воздуха, которая может достигать более 50 ° С. В целом, энергетический сектор в городах пустыни имеет особые проблемы, связанные с уровнем доступа к электричеству и чистым видам топлива [96]. В последние годы в Сахаре возросло производство электроэнергии из различных источников, увеличилась энергетическая инфраструктура электростанций и линий электропередач (ЛЭП), где газ и нефть в пустыне являются наиболее важным и основным источником энергии в таких странах, как Алжир, Ливия и Египет.

Городское население Сахары продолжает расти, наблюдается все более дефицитное и дорогостоящее потребление энергии, поэтому архитекторы, специалисты по энергетике и градостроители должны подумать о планировании энергопотребления, которое позволит значительно сэкономить средства и будет интегрировано в развитие солнечной энергетики в соответствии с плановой и региональной энергетической стратегией (см. таблица 1.1), поскольку ее применение не приводит к загрязнению и не нарушает экологический баланс. Здания потребляют за более чем 40 % мирового потребления энергии [55].

Высокая степень дефицита и проблемы утилизации отходов в жилых районах Сахары, нехватка объектов и инфраструктуры по переработке бытовых отходов

представляет собой экологическую проблему. Последнее время города Сахары являются частью устойчивой стратегии, стремящейся развивать архитектуру и защищать окружающую среду, сохраняя ее биоразнообразие и развивая регионы. Таким образом, принципы экологической архитектуры являются актуальными для проектирования, строительства и эксплуатации ИЖЗ в городах Сахары.

1.2 Градостроительные особенности населенных мест пустыни Сахара

1.2.1 Исторический анализ градостроительства в пустыне Сахара

В Сахаре вода¹² исторически была основным фактором развития оазисов [166]. Тем не менее, пространственные траектории транс-сахарских торговых маршрутов являются еще одним основополагающим элементом оазиса [62], например оазисы Саура, Гурара в Алжире, Дахла, Оазисы Сива в Египте. Оазис – это триада: вода, среда обитания, орошаемые культуры, три неразрывно связанных элемента [64]. Большинство городов построено в оазисах, пространство сформировало типичную социальную организацию сообществ. Традиционные оазисные города. (*Ксар*, قصر)¹³ и (*Касба*, قصبة)¹⁴ известны как укрепленные городские формы, компактные и однородные. Они представляют собой замкнутую структуру с иерархической сетью улиц и с контролируемым доступом в жилища [161].

Урбанизация в Сахаре исторически имеет глубокие корни. Города являются результатом большой транс-сахарской торговли, которая существует в течение одиннадцати веков между северной и южной частью Сахары. Эта историческая урбанизация имеет оригинальное архитектурное происхождение.

¹² Оазисы в пустыне Сахара образовались за счет источников, водоёмов и грунтовых вод, которые способны достичь поверхности земли вследствие достаточного собственного давления. Рядом с оазисами, по причине наличия постоянного источника воды, образовались населённые пункты (Ксар, Касба).

¹³ Ксар (араб. قصر, по-берберски. агрем) – тип укрепленного города, состоящий из пристроенных друг к другу домов.

¹⁴ О Ксар (Ksar), и Касба (Kasba) см.: с точки зрения городского планирования и архитектуры, можно сослаться на следующие источники: Benyoucef (1986), Ravereau (1996), Marc Cote (2005, 2012), Moussaoui (2002), Salima Naji (2013), Henri Terrasse (2010).

Ксар и Касба все еще украшают пейзажи Сахары, многие исследователи рассматривают Ксар, как модель города Сахары¹⁵, это связано с организационными и экологическими характеристиками, которые он представляет, с формальной и функциональной точки зрения (Рисунок 3). В районе «Сахель»¹⁶ Ксур редко встречаются и уступают место поселениям совсем иного типа. Дома «Сахель» построены в виде крупных форм, которые имеют круглые очертания, например: Эладеб в Агадесе (Нигер) и Джебель-Марра в Дарфуре (Судан).

В настоящее время, в Сахаре более 1200 городов [64]. Старые города Сахары¹⁷ обладают уникальной природной самобытностью и характером, которые возникли в результате объединения таких факторов, как естественная топография пустыни, климат и география, а также совокупных культурных, социальных, религиозных и исторических факторов.



а

б

в

Рисунок 3. Общее вид городов Сахары. а – ксар Гардая, Алжир; б – ксар Гадамес, Ливия; в – Тимбукту, Мали.

Все эти факторы влияют на образ жизни там и добавляют отличительные черты к жилым архитектурным типам и формам [16, с.10]. Архитектурные стили в Сахаре разнообразны, так как сформировались под влиянием многочисленных факторов [101, с. 49].

¹⁵ Вот что писал по это поводу Капот-Рай (по англ. M. R. Capot-Rey) 1953 в книга (французская Сахара):”... Ксар обозначает укрепленное место, это часть городской застройки, окруженная оборонительными стенами...”

¹⁶ Сахель (араб. ساحل) — тропический саванный регион в Северной Африке с жарко-полусухим климатом, который является своеобразным переходом между Сахарой на севере и более плодородными землями на юге.

¹⁷ Следует отметить, что много Ксур были классифицированы ЮНЕСКО как всемирное наследие: долина Мзаб, город Тимбукту, оазис Гадамес, старый город Агадес, Касба Айт Бенхадду и другие, например, город Напата в Судане, Уалата, Уадан, Тичитт и Чингетти на Мавритании.

Традиционная архитектура и урбанизация в Сахаре соответствуют производственным процессам, и учитывает особенности региона¹⁸. В большинстве городов Сахары, Ксур уже совершенно необитаемы, другие находятся в процессе деградации [194]. Оазисы еще сохранились и являются основой урбанизированного развития современной Сахары [154]. Некоторые из древних городов покинуты и исчезли под песками, такие как Сиджилмасса (средневековая столица торговли на юге Марокко); другие стали городами-музеями для туристов, таких как Касба Айт Бен Хаду (Марокко) (Рисунок 4), Гадамес (Ливия) или Сива (Египет), Тагит, Кенадса (Алжир).



Рисунок 4. Ксар Айт Бен Хадду, Марокко (объект всемирного наследия ЮНЕСКО).

Градостроительные условия в городах Сахары. Города в Сахаре трудно определить, поскольку сельские и городские критерии смешаны. Урбанизация является наиболее яркой иллюстрацией демографического роста [172]. Городской ландшафт Сахары демонстрирует явное несоответствие прогнозам городского роста, где показаны две дифференцированные части: традиционные и новые застройки. Города Сахары сгруппированы в три основных типа: административный, религиозные и экономические центры. За последние

¹⁸ Как подчеркнул Рапопорт (по Англ. Amos rapoport) (1969), удивительный навык, демонстрируемый традиционной архитектурой, заключается в способности использовать минимальные ресурсы для максимального комфорта. Традиционная архитектура разработана в гармонии с общественными, культурными, климатическими и географическими условиями и придерживается фундаментальных зеленых архитектурных принципов устойчивости, энергоэффективности и использования природных местных материалов.

десятилетия уровень урбанизации в Сахаре стал выше. Мы можем сказать, что сегодня Сахара стала городским регионом [72, 98].

Рост городов стран Сахары происходил в последовательных стадиях, поскольку этот процесс зависел от городской политики и конкретных экономических условий (см. таблица 1.2, рис. 1). Города Сахары состоят из разных городских структур, традиционных, колониальных и современных. Сегодня города Сахары характеризуются процессом ускоренной урбанизации. Распределить города Сахары в целом можно на три категории центров расселения [98]:

1. Большие города, столицы региона (более 100 000 жителей), например: Адрар, Ассуан, Агадес, Бешар, Гадамес, Гардая;

2. Города среднего размера, (от 30 000 до 100 000 жителей), представленные значительно реже, например: Эль-Голея, Сива, Смара;

3. Небольшие поселения, (от 2000 до 30 000 жителей), объединенные в небольшие города, поселки, например: Чингетти, Матмата, Уалата, Таментит.

Сегодня, существует дисбаланс¹⁹ в иерархии городских поселений Сахары: городов больше в Магрибе, чем в Сахель [81]. Города Сахары под влиянием сложных и быстрых изменений сталкиваются с проблемами урбанизации [164]. Процесс урбанизации в Сахаре прошел несколько этапов, и множество преобразований, как количественных, так и качественных. Пространственная конфигурация этого явления фактически является следствием нескольких урбанизационных политик. Сегодня города Сахары сталкиваются с кризисом адаптации к современному развитию и формировании городской структуры [169].

Уровень урбанизации Алжирской Сахары увеличился с 32% до 85%, а также оно достигает крайних значений в Ливии (около 80%) и в Западной Сахаре (92%), и на сегодняшний день этот показатель стал еще выше для большинства городов Сахары [166]. Главными факторами этого впечатляющего роста являются четыре объединенных элемента:

¹⁹ Этот дисбаланс является одной из движущих сил миграционных потоков с юга на север с 1950-х годов.

1. Миграция в города сельского населения и увеличение оседлости кочевников;
2. Снижение численности северного населения, особенно: руководителей, должностных лиц, торговцев или людей либеральных профессий, в результате государственных инвестиций в Сахаре;
3. Естественный прирост населения также играет важную роль.

Эти факторы вызывают изменения в морфологии города, влияя на его пространственную организацию и развитие городских архитектурных форм [196]. Пространственная морфология городов Сахары имеет различные признаки, соответствующие трем типам урбанизации [72]:

- Традиционная городская структура «*Ксар или Касба*» (см. таблица 1.3).
- Колониальная городская структура (на территориях, где было значительное европейское присутствие) (см. таблица 1.4).
- Градостроительство после обретения независимости (см. таблица 1.5).

Эти три типа застройки, составляющие городскую застройку в целом:

1. Традиционная городская структура «Микроурбанизация»

Большинство городов Сахары часто расположены вблизи оазисов. Ксар представляет подавляющее большинство традиционных городов Сахары (см. приложение 4). Ксар и Касба характеризуются высокой плотностью застройки традиционными домами, компактной формой на городском уровне, а также окружены обширной пальмовой рощей [158, 92]. В застройке прослеживается влияние арабских, берберских, мавританских и африканских типов застройки.

Улицы большинства Ксар - делятся на два типа. Главные улицы проложены по основным маршрутам сообщения между центром города и воротами города, а также различными окрестностями. Второй тип - это переулки и тупиковые улицы которые заполняют пространства между главными улицами и домами. Эти факторы подчеркивали сходство между городами Сахары [173, с. 66]. Как правило,

Ксар, окружен стенами, имеет мечети характеризуется компактной структурой с узкими и извилистыми улицами и разделен на специализированные кварталы, районы обитания которых отличаются от торговых улиц «Сук» [37, с. 312]. *Ксар* состоит из нескольких центров, с совмещенными функциями. Различные группы населения соседствуют друг с другом [113]. Одни группы говорят по-арабски, другие говорят по-берберски. В *Ксар* определенные жилые районы могут быть зарезервированы для определенных социальных групп, например, в районах *Ксар «Мзаб»*, соседствуют «*Ибади*» и «*Малики*» [71].

Традиционная структура города Сахары отражает единую модель расселения с учетом требований ислама, приватность и климатических условия. Основными характеристиками традиционной застройки [66]:

1. Компактность позволяет создать центричность дома. Этот тип застройки позволяет уменьшить поверхность, подвергающуюся воздействию солнца и тем самым сохранить прохладу внутри дома;

2. Улицы узкие, чтобы обеспечить максимально возможную тень, как правило, улицы извилистые, что позволяет блокировать сквозное проветривание и таким образом, сохранять днем накопленный за ночь свежий воздух.

Существование этой *микроурбанизации* представляет собой своеобразие градостроительства Сахары. Тем не менее, большие города (более 100 000 жителей) Сахары создают серьезные проблемы в управлении и развитии.

2. Городская застройка колониального периода

К концу XIX века европейское колониальное присутствие в пустыне Сахара принесло заметные изменения в городской и архитектурный ландшафт городов [135]. Эволюция архитектуры была в направлении новой модели города в полном разрыве с традиционной застройкой. Городская структура была прообразом городского ландшафта европейских городов XIX века. Колониальная архитектура характеризуется тремя основными элементами [178]:

1. Регулярность городской планировки;

2. Важное значение уделяется развитию общественного пространства;
3. Развитие различной застройки: военной, гражданской и местной традиционной.

Большая часть Ксар в традиционных городах Сахары, в Алжире, Ливии, Мали, Марокко была разрушена для нужд армии и первых поселенцев [212, с. 124], а также для создания новых жилых районов. Одним из важных городских элементов в колониальной застройке является центр города что является одним из принципов организации пространства колониальных городов [237, с. 54]. Общественные объекты и общественные пространства в основном сгруппированы в центре города, где продаются необходимые товары и услуги самого высокого уровня [242, с. 36]. Обычно общее деление города было на три зоны: административная, жилая и промышленная.

В этот период местное население проживало в Ксар и Касба. Но как только эти первоначальные урбанистические центры стали насыщенными, население оседает в на окраинах городов, которые превращаются в кварталы одно или двухэтажных домов. Мусульманские кварталы и европейские кварталы имеют заметные различия по застройке [170], где наблюдается разделение традиционной застройки и европейской по эстетическим, экономическим и политическим причинам.

В течение первой половины двадцатого столетия в городском пространстве произошло много изменений. Идеи «современности», новые взгляды и идеи архитектуры [47, 186], начиная с 1930-х годов, проникает в большинство колониальных стран Сахары. Для центра города характерен расцвет современной архитектуры. С 1945 по 1965 год население Сахары стагнировало. Затем, благодаря естественному приросту и внутри африканской миграции численность населения выросла, что явилось результатом развития инфраструктуры и урбанизации.

В этом периоде, формируются два типа городов: старые города, которые имеют тенденцию исчезать, когда они не модернизируются, современные города, построенные с нуля. Существует также другой тип городов, который представляет

собой новый город, основанный на промышленной разработке и нефтяных месторождениях, город застраивается в соответствии с принципом функционального зонирования. Типичным примером является города Арлит в Нигер (1967-1971 г.), Хасси-Рмель, Хасси-Мессауд в Алжире (1958-1965 г.) и Зуэрат в Мавритания (1961-1963 г.).

3. Градостроительство после обретения независимости

С момента обретения независимости в большинстве городов Сахары наблюдается исключительный демографический рост. Это является одним из существенных маркеров изменений на тех территориях, которые находятся в стагнации или даже демографическом спаде. Среднегодовые темпы при роста населения²⁰ в регионе Сахара выше 3% [164]. Страны Сахары оказались между двумя проблемами: развитие традиционной организации городов и новой классической организацией колониального города (см. таблица 1.6). Урбанизация в целом происходила при низком экономическом и техническом развитии. В большинстве городов Сахары официальная городская практика осуществлялась в рамках прямой преемственности, в ретрансляции ориентиров и колониальных урбанистических принципов. Новые жилищные программы разрабатываются по основным принципам колониальных поселений по линейной форме или в форме жилых комплексов. Современный город с регулярной и открытой застройкой продолжает применять колониальные принципы и современную застройку центра. В этом периоде принципы проектирования традиционных городов-оазисов, которые могут обеспечить устойчивую и ресурсоэффективную эволюцию градостроительства в пустыне Сахара игнорируются. Более того, новые города гораздо менее успешны, чем традиционные города [142, с. 225]; они демонстрируют потерю идентичности городов Сахары.

Тенденция модернизации и урбанизации повлияла на общественную жизнь

²⁰ Сегодня территория Сахары насчитывает более 15 миллионов жителей. Демографическое давление, которое оказывалось на города Сахары, привело к значительному расширению застроенных территорий.

городов Сахары, особенно в Алжире, Ливии, Египте. В начале 1970-х годов начались экономические преобразования после открытия месторождений и экспорта нефти в начале 1960-х годов. Жилищный сектор получил значительную помощь, особенно после 1970-х года, в связи с растущим спросом и ускоряющимся демографическим ростом [140]. Соответственно, субсидии для новых городов были выделены в результате адаптации меняющихся потребностей и растущего уровня потребления [122].

Официальная городская и архитектурная практика осуществлялась в русле преемственности колониальных урбанистических и строительных решений. Правительством стран региона создано множество проектов по строительству новых жилых районов с помощью европейских архитектурных компаний. Программа государственного жилья осуществляется в соответствии с новыми принципами колониальной планировки. С 1980-х годов в большинстве городов строительство индивидуального жилья ускоренно восстанавливается. Кроме того, для жителей пустыни был построен ряд новых городов с целью заселения рабочими и служащими и развития сельского хозяйства или промышленности, как в случае с проектом «Хуари Бумедьен» в городе Бешар, разработанным компанией RBTA²¹. Эти города построены в виде идеальных по форме городских посёлков (Рисунок 5).

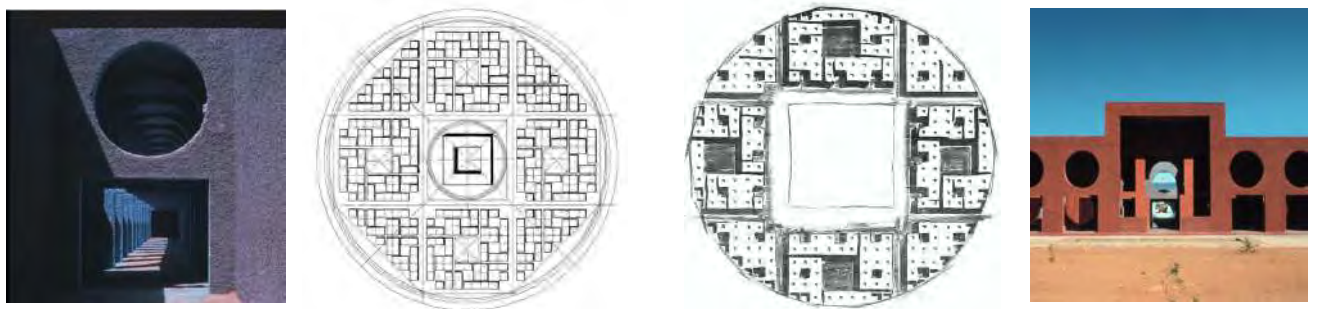


Рисунок 5. Город Хуари Бумедьен, Бешар, Алжир (арх. Рикардо Бофилл, 1980).

²¹ RBTA- Ricardo Bofill Taller de Arquitectura: архитектурная студия в Берселоне, Испания, основанная архитектором Рикардо Бофиллом Леви.

Анализ исторического и современного опыта показывает все противоречия и неприятие принципов «Колониализма», как в архитектуре, так и в экономике. Поиск идентичности, который зависит от исторических и культурных достижений народов Сахары продолжается [54, с. 138]. Современные морфологические, социокультурные и политические трансформации активно способствуют потере идентичности местной архитектуры, о чем свидетельствует деградированное состояние традиционных городов в этом регионе [52, с. 87]. Сегодня, в городах Сахары, наиболее распространены два основных приема организации жилой застройки (Рисунок 6):

1. Застройки дома с участками;
2. Застройки улиц блокированными домами (линейная рядовая двусторонняя застройка, строчная застройка, групповая застройка).

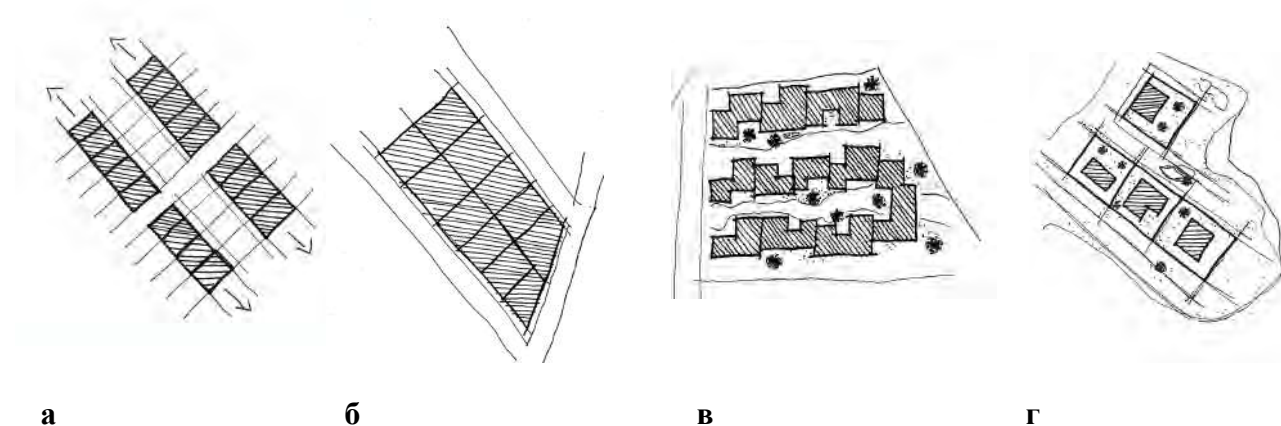


Рисунок 6. Типы распространение ИЖЗ застройки в городах Сахары. а, б – застройки улиц блокированными домами; в – групповая застройка; г – застройки домами с участками «отделено стоящие дома» (рисунки автора).

Одним из изменений в новой планировке города стало отсутствие иерархии пространств, которых всего два: одно общественное, другое – личное (Рисунок 7). В отличие от традиционного городского планирования, основанного на иерархии общественного и частного пространства через полу-частные пространства.

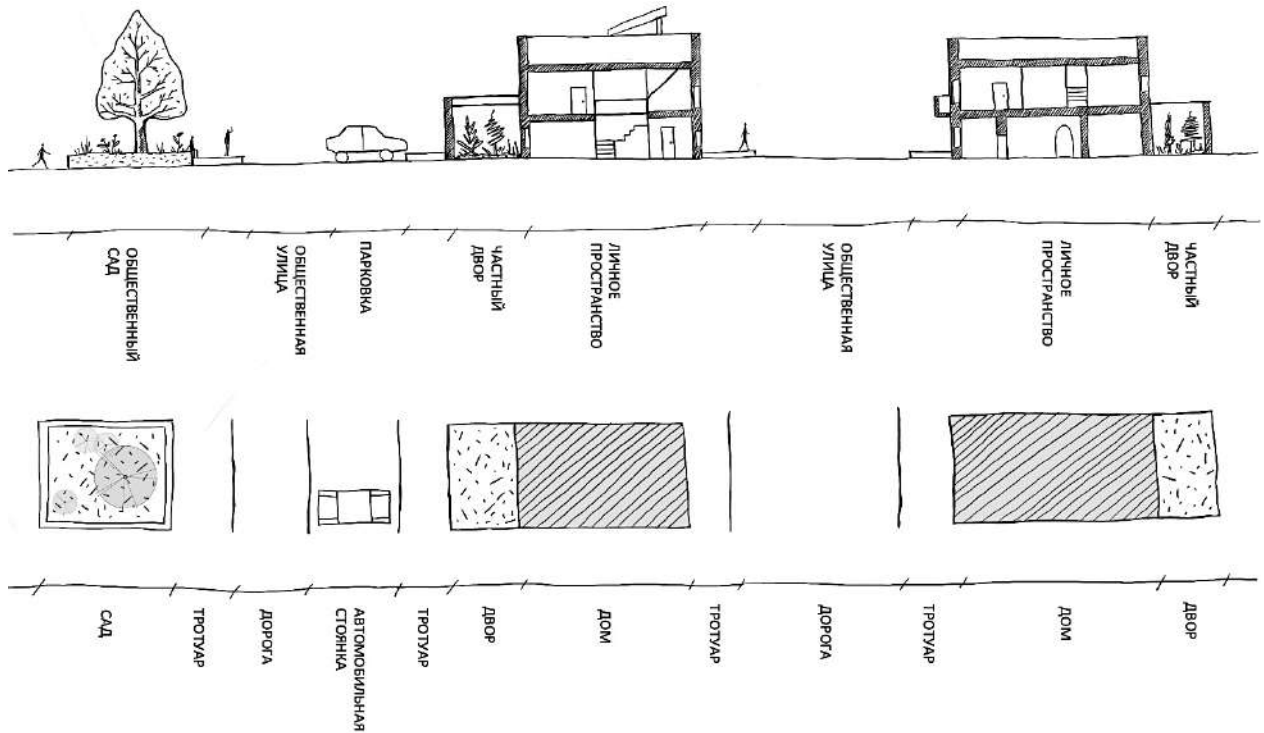


Рисунок 7. Схема концепции в отношении общественных и частных пространств (рисунки автора).

В соответствии со статистикой ONS²², плотность населения в жилых районах Сахары зависит от размера города и составляет от 200-600 чел./га [79]. В городах Сахары, ИЖЗ жилых районов характеризуются наличием большого количества нарушений архитектурно-планировочных, инженерно-технических и эстетических требований. Наряду с этим, отсутствует стратегии развития жилых районов. Неэффективное проектирование и организация застройки привела к беспорядочной застройке жилых районов в большинстве городов. Кроме того, некоторые города Сахары характеризуются наличием множества стихийных районов (Бидонвили), в качестве примера: Нуакшот (Мавритания) и Агадес и Бильма, Нигер (см. таблица 1.7). В этих стихийных жилых районах сформировалась опасная среда обитания населения, изолированная от инженерных сетей, которая подвергается загрязнению, ухудшает окружающую среду обитания за пределами городской агломерации.

²² ONS: Office National des Statistiques — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.ons.dz>

В настоящее время, социокультурный аспект не учитывается в проектах новых жилых районов и жители не имеют возможности выразить свои мнения. Планировка и организация жилых районов в городах Сахары характеризуется следующими недостатками (см. таблица 1.7):

- Низкий уровень обеспечения инженерной и транспортной инфраструктурой.
- Недостаток нормативной документации и регламентов, которые относятся к современной организации и планировке жилых районов ИЖЗ;
- Низкий уровень пространственно-функциональной организации жилых зон;
- Низкий уровень обеспечения солнцезащиты и озеленения;
- Дефицит обеспечения детскими площадками, малыми архитектурными формами отдыха, хозяйственными площадками в жилых кварталах;
- Низкий уровень обеспечения водоснабжением и канализацией ИЖЗ;
- Незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов домов городов Сахары.

1.2.2 Современные тенденции развития городов пустыне Сахара

Городское планирование способствует развитию городов Сахары, где сосредоточены значительные материальные ценности в виде зданий и сооружений, исторических и культурных памятников, и транспортной инфраструктуры, инженерных и информационных систем [36]. Развитие городов Сахары необходимо для размещения растущего населения, в первую очередь решения планированных, социальных и экологических проблем. В последние десятилетия население городов Сахары быстро росло. Способ производства породил временные городские поселения на периферии в этих городах. Сегодня в городах Сахары жилищная проблема остается по-прежнему острой. За прошедшие 30 лет объемы ежегодного ввода квадратных метров индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) уменьшились. Этот процесс оказал неблагоприятное воздействие на городскую среду. Сегодня, жилищные программы при реализации приводят к противоречиям из-за отсутствию средств, на реализацию городской программы развития. В

жилищном секторе большинства стран Сахары происходят заметные изменения, особенно в таких странах, как Алжир, Марокко, Тунис и Египет, но эти изменения недостаточны для создания комфортной жилой среды. Среди вызовов, с которыми сейчас сталкиваются города Сахары это модернизация инфраструктуры и практика устойчивого развития жилых районов.

Среди основных тенденций развития городов, можно упомянуть следующие:

«Зеленое» здания- является одной из важнейших тенденций в развитии жилых районов. Сегодня в развитых странах Австралии, Великобритании, США, и Германии, регулярно ужесточаются нормативы по энергетической эффективности, экологическому, рациональному использованию ресурсов. В городах Сахары развитие «зеленого» жилья пока отстает по экономическим, социальным и технологическим показателям и архитектурно-градостроительному нормированию.

Транспортная инфраструктура. Транспорт в городах Сахары развивается особенно интенсивно. В последние годы развитие городов и развитие транспортной инфраструктуры стало очень важным фактором, однако инфраструктура в целом считается слабой, а качество транспортного обслуживания низким. Транспорт является основной движущей силой для создания организованного и устойчивого города в будущем. Сегодня решения транспортной проблемы городов Сахары – это активное развитие общественного транспорта, уменьшения использования личных автомобилей внутри города, использования экологического топлива и перемещений пешком и на велосипеде, тем более, что города Сахары не являются крупнейшими.

Концепции «Умный город» (англ. Smart city) – сегодня спрос на цифровизацию городских услуг динамично растет. Цифровизация городов является одним из перспективных направлений в развитии и управления города, для повышения качества жизни с помощью современные технологий городской информатики. Возможности реализации концепции «Умный город» в городах Сахары считается очень проблематичным, поскольку эти города имеют острую

нехватку собственной инфраструктуры. Таким образом, для городов Сахары необходимо дальнейшее развитие социальной, инженерной и цифровой инфраструктуры.

1.2.3 Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп в городах Сахары

3D-моделирование помогает анализировать здания и городскую застройку. Создание объемных моделей зданий и градостроительных форм позволяет нам подтверждать и интегрировать данные в текущее исследование, зная больше информации о размере участка, внешних пространствах и застроенной площади, количестве этажей, плотности жилого фонда, коэффициенте застройки, а также производить анализ состояния жилых зданий. Можно определить площадь внешних поверхностей зданий, анализировать инсоляцию и аэрацию, а также ориентацию зданий. Целью исследования является определение и анализ генеральных планов ИЖЗ в городах Сахары и определение их характеристик. Для получения достоверных данных об участке застройки ИЖЗ важно верно определить масштаб и границы жилой зоны в городах Сахары.

Обоснованием выбора объектов исследования являются градостроительные и архитектурно-планировочные характеристики жилых участков и которые рассматриваются на примерах групп жилых домов и кварталов городов Сахары. Анализ жилой застройки основан на сравнении градостроительных моделей 9 жилых участков застройки площадью от 2 до 25 га (Таблица 3). Средняя площадь застройки составила 10 га. Объекты, рассмотренные в исследовании, можно отнести к следующим категориям [35]:

Группа жилых домов – жилые здания, образующие целостную группу, поскольку расположены близко друг к другу, как правлено вокруг двора.

Жилой квартал – застроенное пространство, расположенное между улицами или примыкающее к ним. Более 60% площади квартала занято жилыми домами и

придомовыми территориями. Размер территория квартала как правило, от 5 до 20 га.

Таблица 3

Типы рассмотренных примерах застройки в городах Сахары

№	Название объекта	Авторы	Город / Страна	Год постройки	Площадь (кв. м)
А	ГРУППА ЖИЛЫХ ДОМОВ				
А-1	АADL 100, Туггурте.	АADL	Туггурте, Алжир	2004	24000
А-2	Жилая группа Агадес	-	Агадес, Нигер	2014	33600
Б	ЖИЛОЙ КВАРТАЛ				
Б-1	Инкуф, Таманрассет.	-	Таманрассет, Алжир	2016-2020	65000
Б-2	Аль-Кахира, Сабха.	-	Сабха, Ливия	2010	117000
Б-3	Тафилелт, Гардая.	Amidou	Бни-Изгин, Гардая, Алжир	1997-2006	225000
Б-4	Группа 300 домов, Тилилан	-	Адрар, Алжир	2007	86600
Б-5	Района Хуари Бумедьен, Абадлла.	Ricardo Bofill Taller de Arquitectura	Абадлла, Алжир	1980	110000
Б-6	Шохадаа 16 Февраль	-	Гадамес, Ливия	1980-1997	83910
Б-7	Аль Рехаб, Новый Каир	ННСР, SWA, Sasaki	Новый Каир, Египет	2002-2009	112800

Для анализа жилых участков в городах Сахары были выбраны основные показатели, которые являются взаимозависимыми, что может быть выражено в следующей формуле [22]:

$S_{п.}$ – Полезная площадь = $S_{п.} = S_{з.} * L$

$S_{у.}$ – Площадь участка

$S_{з.}$ – Площадь пятна застройки

L – Средняя этажность

$S_{н.п.}$ – Площадь наружных пространств = $S_{у.} - S_{з.}$

$K_{з.}$ – Коэффициент застройки = $S_{з.} / S_{у.}$

Кн.п. – Коэффициент наружных пространств = $S_{н.п.} / S_y$.

П.ф. – Плотность фондов = $S_{п.} / S_y$.

Исследованные участки застройки разделены на два типа застройки:

А. Группа жилых домов

А-1. AADL 100, Туггурте – двухэтажная жилая группа, состоящая из двухквартирных блокированных домов (100 единиц жилья), застроенная по проекту AADL²³ в 2004 году (Туггурт, Алжир). Общая площадь застройки – 2,5 Га. Данная жилая группа характеризуется средней плотностью жилого фонда (0,64), низким коэффициентом наружных пространств (0,67) (см. таблица 1. 9).

А-2. Жилая группа, Агадес – одноэтажная жилая группа (18 единиц жилья), была застроена в 2014 году (Агадаз, Нигер) типовыми отделено стоящими домами. Однако такая застройка не всегда соответствует нормам проектирования в условиях пустыни Сахара. Общая площадь застройки – 3,3 Га. Характеризуется низкой плотностью жилого фонда (0,07) и высоким коэффициентом наружных пространств (0,93) (см. таблица 1. 10).

Б. Жилой квартал

Б-1. Инкуф, Таманрассет – массовая малоэтажная застройка в виде типовых линейных блокировочных домов (338 единиц жилья), застроенная между 2016 и 2020 годами, квартал расположен на границе город Таманрассет, такой тип застройки наиболее распространен в городах Сахары. Общая площадь застройки – 6,5 Га., характеризуется средней плотностью фонда (0,6), низким коэффициентом наружных пространств (0,4). Наружные пространства характеризуются отсутствием зеленых насаждений. Это массовое применение одноэтажных блокировочных зданий ввиду низкой эффективности использования территории привело к значительному разрастанию территории городов (см. таблица 1. 11).

Б-2. Аль-Кахира, Сабха – малоэтажный жилой квартал (157 единиц жилья), застроенный в 2010 году. Общая площадь застройки – 26 Га. Для исследования был

²³ AADL: (сокращенное обозначение) Agence Nationale de l'Amelioration et du developpement du Longement.

выбран участок застройки площадью 11 Га. В центре участка расположен общественная площадь. Данный квартал характеризуется низкой плотностью жилого фонда (0,33), средним коэффициентом наружных пространств (0,66). Наружные пространства характеризуются отсутствием зеленых насаждений (см. таблица 1. 12).

Б-3. Тафилелт, Гардая – массовая малоэтажная застройка блокированными домами (870 единиц жилья), построенный в 1998 году фондом «Amidouл» в рамках социального жилищного проекта, расположен в городе Бени-Искуэн, Алжир. Жилые дома построены в народном архитектурном стиле. Площадь застройки - 22,5 Га., и имеет компактное размещение. Благодаря компактному размещению жилых блоков на территории, она обеспечена защитой от прямых солнечных лучей. Расстояние между фасадами соседних зданий Более 3-х м. Застройка характеризуется, низкой плотностью фонда (0,7), низким коэффициентом наружных пространств (0,64), рельеф участка 15 - 20 % (см. таблица 1. 13).

Б-4. Группа 300 домов, Тилилан – массовая застройка типовыми монолитными домами, квартал расположен на границе города, построен в 2007 году (Адрар, Алжир). Общая площадь застройки - 8,6 Га. Характеризуется высокой плотностью фонда (0,82), средним коэффициентом наружных пространств (0,58) (см. таблица 1. 14).

Б-5. Района Хуари Бумедьен, Абадлла, Алжир – квартал малоэтажной застройки (социальное жильё), построенный по проекту архитектурного бюро «Сіе Ricardo Vofill Taller de arquitectura» в 1980 году. В центре участка расположен магазин и общественная площадь. Общая площадь застройки- 11 Га. Характеризуется средним коэффициентом наружных пространств (0,32). Среди исследованных объектов этот квартал обладает высоким коэффициентом застройки (0,67). В квартале были использованы принципы геометрической центральности и компактности для уменьшения воздействия на здание прямых солнечных лучей за счет уменьшения расстояния между зданиями (см. таблица 1. 15).

Б-6. Шохадда 16 Февраль – массовая застройка типовыми блокированными домами, в Гадамес (Ливия), построены в период с 1980 по 1997 год. Общая площадь застройки- 19 Га. Для исследования был выбран участок застройки площадью- 8,3 Га. Характеризуется высокой плотностью фонда (1,25), низким коэффициентом наружных пространств (0,37) (см. таблица 1. 16).

Б-7. Аль Рехаб; Новый Каир – жилой квартал, типовые отделено стоящие дома, построенные на территории нового Каира и является проектом новой квартальной застройки Ал-Рихаб по проекту архитектурного бюро «ННСП SWA, Sasaki» в Каире, (Египет), период с 2002 по 2009 год – является одним из реализованных проектов комфортного жилья средней плотности в новом Каире. Общая площадь застройки- 83 Га. Для исследования был выбран участок застройки площадью 11 Га. Удельная обеспеченность наружным пространством и озеленением соответствует современным нормам. Квартал характеризуется низкой плотностью фонда (0,56), и низким коэффициентом наружных пространств (0,39) (см. таблица 1. 17).

В следующей таблице определены основные показатели застройки жилых групп и кварталов в городах Сахара (Таблица 4).

Таблица 4
Основные показатели застройки жилых групп и кварталов в городах Сахара

Название объекта	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>B4</i>	<i>B5</i>	<i>B6</i>	<i>B7</i>
	AADL 100, Тугурге	Жилая группа Агадес	Инкуф, Таманрассет	Аль-Кахира, Сабха	Района Тафилелт, Гардая	300 домов Тилилан	Района Хуари Бумедьен, Абдалла	Шохадда 16 Февраль	Аль Рехаб, Новый Каир
Характеристики застройки									
Площадь участка (кв. м)	24000	33600	65000	117000	225000	86600	110000	83910	112800
Площадь пятна застройки (кв. м)	7750	2500	39100	39250	79670	35900	74000	52500	32000
Общая площадь фондов (кв. м)	19000	46000	87000	148000	192000	113000	144000	107609	126000
Полезная площадь (кв. м)	15500	2500	39100	39250	159340	71800	74000	105000	64000
Площадь наружных пространств (кв. м)	16250	31100	25900	77750	145330	50700	36000	31410	80800

Плотность фондов	0,64	0,07	0,6	0,33	0,7	0,82	0,67	1,25	0,56
Коэффициент застройки	0,32	0,07	0,6	0,33	0,35	0,41	0,67	0,62	0,28
Коэффициент наружных пространств	0,67	0,93	0,4	0,66	0,64	0,58	0,32	0,37	0,39
Площадь зеленых насаждений и спортивных площадок (кв. м)	5550	-	600	4200	38200	1000	9800	1800	4000
Количество домов	100	18	338	157	870	300	368	200	111
Средняя этажность	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Рельеф (%)	2	2,4	3,2	3,5	14	1,3	1,5	2,6	2,9

Анализ обеспеченности застройки озелененными территориями.

Наличие зеленых насаждений для различных примеров застройки определен на основе анализа 3D-моделей. В программе «Sketchup» и «Google earth». Анализ показал, что в большинстве жилых групп и кварталов городов Сахары не хватает зеленых насаждений (см. таблица 1.8). С точки зрения обеспеченности озеленением, из 9-ти объектов в 1-ом благоприятные нормативные показатели обеспеченности озелененными территориями (Таблица 5).

Таблица 5

Анализ обеспеченности застройки озелененными территориями

№	Название объекта	Площадь участка (кв. м)	Площадь зеленых насаждений (кв. м)	Полученные данные (процент озелененные территории)	Типы Озеленения	Нормы обеспеченности озеленением
A1	AADL 100, Туггурте	24000	450	2 %	Деревья	Ниже нормы
A2	Жилая группа Агадес	33600	3000	8%		Ниже нормы
Б1	Инкуф, Таманрассет	65000	300	Менее чем 1%	Деревья	Ниже нормы
Б2	Аль-Кахира, Сабха.	117000	3000	Менее чем 3%		Ниже нормы
Б3	Тафилелт, Гардая.	225000	22400	9%		Ниже нормы
Б4	Группа 300 домов Тилилан, Адрар	86600	2700	3%		Ниже нормы

Б5	Район Хуари Бумедьен, Абадлла	110000	1300	Менее чем 3%		Ниже нормы
Б6	Шохадаа 16 Февраль, Гадамес	83910	1800	2%		Ниже нормы
Б7	Аль Рехаб; Новый Каир	112800	45000	38%	Деревья, газон	В пределах нормы

Анализ инсоляции жилых объектов

Анализ инсоляции и затенения имеет важное значение при проектировании жилой застройки в условиях жарко-сухого климата. В среднем, города пустыни Сахары получают 12 часов солнечного света в день. Анализ инсоляции жилых участков выполняется в программе «Shadow analysis» 2. Для каждой 3D-модели считается рендер инсоляции. Пустыня Сахара расположена между 15° и 32° северной широты, так что согласно действующим нормам, расчёт производится на 21 Марта. Расчет основан на движении солнца с 7 до 19 часов (декретное время). Этот анализ позволит нам понять, учитывается ли текущий проект движения и затенения солнца, а также понять текущую ситуацию в жилых группах. В результате анализа различных жилых объектов с точки зрения инсоляции и затенения²⁴, благоприятными являются следующие городские районы:

A1. Тафилелт, Гардая (см. таблица 1.13).

Б5. Хуари Бумедьен, Абадлла (см. таблица 1.15).

Б6. Шохадаа 16 февраль, Гадамес (см. таблица 1.16).

1.3 Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара

Индивидуальные жилые здания в пустыне Сахара строятся в соответствии с основными потребностями жилья, социальными и климатическими характеристиками, отвечающие необходимым функциям. Дома могут иметь разную форму, так как планировки различается в зависимости от земельного

²⁴ Самая важная характеристика, объединяющая эти объекты, – компактность застройки и ориентация зданий.

участка и градостроительной ситуации. Застройка ИЖЗ, малой этажности (1-3 этажей) характерна для городов Сахары. Чтобы разработать методы проектирования домов в Сахаре, важно понять этапы формирования архитектуры дома от традиционного до колониального и современного периода. Анализ основан на сравнении наиболее важных общих характеристик типичных примеров домов в разные исторические периоды и в разных регионах пустыни Сахары. Исследованные ИЖЗ были разделены на 3 группы, по трем наиболее важным историческим периодам (Таблица 6), в связи с чем были определены важнейшие общие характеристики домов.

Таблица 6

Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара

Название / город-страна	Тип домов	Общ. пл. (кв. м)	Этажность	Век / год постройки
Период до европейской колонизации (народная архитектура)				
Кенадса - Алжир	Дом патио	144	2	XVIII
Аит Абу (Оазис Скоура) - Марокко		280	4	XVIII
Гардая - Алжир		84	2	XI
Гадамес- Ливия		190	3	XVI
Дом Эддеймани, Тиндуф-Алжир		296	2	XVI
Тиссергат (Долина реки Дря)- Марокко		280	4	XIII
Долина Драа - Марокко.		72	3	XV
Дженне - Мали		180	2	XIII
Нубия - Египет	Дом с внутренним двором	310	1	XVI
Чингетти - Мавритания		120	2	XIII- XVI
Матмата - Тунис	Литосферные дома	800	2	XI
Гарьян - Ливия		446	1	XVII
Период европейской колонизации (колониальная архитектура XIX век)				
Бешар - Алжир	Блокированные дома	180	1	1914
Бискра - Алжир		130 - 200	2	1870-1910
Порт Тевфик - Египте	Блокированные дома с верандой	250	2	1922
Гелиополис - Египет	Отделено стоящие дома	350	2	1920
Триполи - Ливия		400	2	1933

Вилла Клэр Шеридан/ Бискре - Алжир		380	1	1920-1922
Современной период (архитектура XX, XXI века)				
Дом Сиди Крейр, Аль- Ааджами	Отделено стоящие дома	230 - 520	1-2	1967-1971
Дом Фуад Риад				
Гурна Дом, Гиза – Египет				
Гадамес - Ливия	Блокированные дома	280	2	1980-1997
AADL 100/ Туггурте - Алжир	Двухквартирные блокированные дома	85	2	2004
Адрар, Уэд-суф, Бешар - Алжир	Блокированные дома	190 - 300	2	2007-2019
Гадамес - Ливия		280	2	1980-1997
Фарафра - Египет		180	1	2017
Вади эль Гедид -Египет		120	1	2002
Асуан - Египет		140	1	2016

1.3.1. Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых домов в пустыне Сахара до европейской колонизации – традиционные жилища (до XIX в.в.)

Архитектура народного жилища пустыни Сахары, сформировалась на основе требований сделать жизнь безопасной и комфортной в регионе с жарким и засушливым климатом. До XIX века большинство домов имели традиционную народную архитектуру, основанную на использовании традиционных практик и технологий и демонстрировала высокое мастерство и качество [11, с. 166]. Термин «народная архитектура» используется для обозначения традиционных зданий, которые были построены в соответствии с местным климатом и культурой и с использованием природных строительных материалов. Традиционная среда обитания пустыни Сахара имеет в единую модель расселения с учетом, как социокультурных требований, так и требований изоляции, и климатических ограничений. Создаваемое, таким образом, архитектурное пространство подразделяется на два типа Ксар и Касба, представляющие собой специфическую городскую среду связанную органически с оазисом.

Традиционная архитектура домов в большинстве случаев является основным элементом, определяющим культурную самобытность. В пустыне Сахара существует достаточное разнообразие типологии жилища; они могут варьироваться в зависимости от региона, культуры, традиций и образа жизни людей. В городах Сахары, существуют различные архитектурные типологические характеристики индивидуальных домов (Рисунок 8). Некоторые архитектурные особенности позволяют нам составить определенную типологию жилых домов в Сахаре [236].

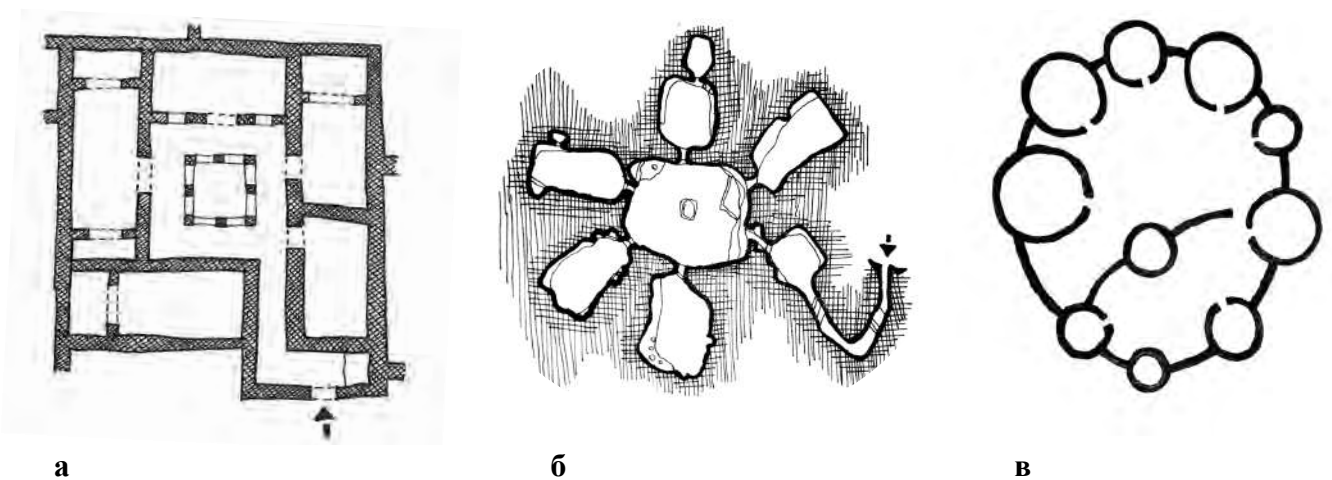


Рисунок 8 Типы основных планировок традиционных домов в пустыне Сахара. а – патио дом; б – литосферные дома; в – Сахель дом (рисунки автора).

Один из них чисто африканский (распространен в Сахель), афро-арабский, арабский (распространен на севере Сахары) или берберский. Это традиционные дома стран Африки к югу от Сахары и арабских стран (Алжир, Марокко, Ливия, Тунис, Египет), основанные на общей концепции центрального двора. Архитектурный тип ИЖЗ в Сахаре отличается долговечностью, простотой и технологичностью [53].

Народное жилье в пустыне всегда было эффективным с точки зрения адаптации к экстремальным условиям местности и климата, благодаря местным технологиям и пассивным системам, которые были разработаны для жаркого климата [68].

Формальное и типологическое разнообразие жилищ в пустыне Сахаре

Для анализа традиционной жилой архитектуры в пустыне Сахара было рассмотрено 12 типов домов из разных районов Сахары, типологический анализ проводился с точки зрения формы, функции, композиции фасада, строительных материалов, организации и расположения помещений и двора (см. таблица 1. 18 – 1. 29).

В большинстве городов Сахары дома с центральной организации соответствуют социальной иерархии, таким образом дом демонстрирует социальный статус своего владельца и дома являются выражением социальной иерархии. Стремление к приватности является важным социокультурным фактором, влияющим на проектирование жилища практически в каждом обществе. В индивидуальных жилых зданиях требование приватности является сложным фактором, который может рассматриваться, как основной фактор для функционально-пространственной организации ИЖЗ и определения состава помещений [11, 119]. Изучение методов проектирования различных типов ИЖЗ показывает, что они гораздо больше связаны с культурой²⁵, чем с климатом [56, 106]. В среднем площадь застройки традиционного дома составляет 140-190 кв. м. Композиция традиционных домов представляет собой форму, которая допускает высоту лишь некоторых внешних фасадов максимум на 8-12 метров, что составляет три этажа (см. таблица 1. 18).

Замкнутый дом. В целом, традиционный дом состоит из четырех разных частей: первого и второго этажей, террасы и подвала. Эти части используются в зависимости от дневного или ночного времени и сезона. Среди характерных особенностей замкнутого дома можно выделить полное отсутствие балконов, за исключением небольших отверстий на внешнем фасаде, которые служат для проветривания и освещения, малые размеры проёмов позволяют минимизировать

²⁵ Вот что писал об этом поводу Хасан Фатхи в своей книге «Архитектура для людей», «...каждая нация устанавливает свою собственную архитектуру и представляет свои любимые линии, формы в привычки, традиции и обычаи. Традиции все еще могут придавать смысл дому и могут быть преобразованы в проектирование, а также являются творческими и адаптивными, поэтому важно, чтобы традиции оставались актуальными...»

проникновение горячего воздуха в дом в жаркие часы летом и холодного воздуха зимой, также позволяет вентилировать комнату в прохладные летние ночи. Эти интровертные дома открыты во внутренние дворы (патио), с широкими окнами на внутреннем фасаде [49, с. 282].

Существует две категории традиционных домов: круговой планировки и квадратной или прямоугольной. Круговые дома обычно строились на возвышениях, их стены из натурального камня, часто связаны с местом обитания (Матмата в Тунисе, Ксар Драа в Алжире). Многие из таких домов сегодня находятся в руинах, а некоторые из Ксур населены берберскими семьями. Более того, существует много общего в способах организации застроенного пространства. Круглые планировки в камне более старые и соответствовали поселениям, изначально принадлежавших берберским сообществам. Квадратные глинобитные постройки, несомненно, появились позже; они связаны с арабоязычным или берберским населением, и испытывают влияние ближневосточной архитектуры [64, 195].

Эти характеристики имеют большинство традиционных домов в разных городах. Но в самом широком смысле можно выделить два основных типа домов, которые известны своей долговечностью и адаптивностью:

Дом-патио, дом с внутренним двориком – тип дома-патио считается основным типом домов в Сахаре²⁶, этот тип дома распространён не только по всей Сахаре, но и по всем арабским регионам и средиземноморью [225]. Внутренний дворик дома характеризует тип среды обитания, скорее городской, чем сельский. Различный размер и форма внутреннего дворика определяются частично местными условиями строительства, микро-климатом и местной культурой (Рисунок 9).

Внутренний двор считается наиболее важным для адаптации к жаркому климату. В каждом жилище есть дворик «Патио», надёжно защищённый от

²⁶ Дом с внутренним двориком считается типичным домом в большинстве исторических городов Сахары, таких как Гардая, Саура Ксур и Оуд Суф в Алжире; Гадамас и Куфра в Ливии; Сива, Ассуан в Египте; Томбукту в Мали; Чингетти, Тичитт, Уадан, Нвакшот в Мавритании; Айт-бен-Хадок, Фигура, Агадес и Билма в Нигере и многие другие города.

неблагоприятных факторов внешней среды [43, с. 17]. Как правило, дома имеют ширину 8-25 м и состоят из двух этажей. Пространственная конфигурация чашеобразного патио создает микроклимат²⁷, который связывает дом с природой, через который поступает свет, свежий воздух во все помещения дома [97].



Рисунок 9 а – традиционный дом в Оулате, Мавритания; б – Патио дом в Касба, Марокко; в – Патио традиционный дом в Гардая, Алжир; г – дом-патио (дом Шериф Хассани Сиди Ибрагим), Кенадса, Алжир.

Внутренний дворик – имеет галерею по периметру на каждом этаже (Ривак)²⁸, это транзитная зона между центральным внутренним двором и отдельными комнатами. Патио играет очень важную роль в здании, потому что оно обеспечивает освещение и вентиляцию [49]. Его важность также выражается в наличии богатых архитектурных деталей и декора. Декоративные элементы фасадов ИЖЗ имеют историческую и культурно-этническую историю развития.

На первом этаже, находится вход в дом (передняя-Скифа)²⁹, выходящий на улицу и защищенный от солнца. Скифа ведет к главной лестнице верхнего этажа. Первый этаж состоит из гостиной и комнаты для гостей в качестве основного пространства. На втором этаже, организация пространства, похожа на организацию на первом этаже, вокруг центрального пространства (патио), где расположены другие комнаты, включающие, например, комнату для мальчиков, комнату для

²⁷ Выделяют микроклимат (климата в небольших пространствах, район, здания и помещениях), мезоклимат (климат небольших территорий в городах) и макроклимат (климатические условия для обширных территориях).

²⁸ Ривак, (по-анг. gallery) – это аркада или портик, открытый как минимум с одной стороны. Это архитектурный элемент в арабо-исламской архитектуре, который окружает центральный внутренний дворы домов.

²⁹ Скифа, (араб. سقيفة) – в традиционном жилище рассматривается как полу-приватное пространство между частным пространством дома и общественным пространством (улицы).

девочек и кладовую. Каждая комната принимает семью от 5 до 10 человек (параметры комнат от 2,30 до 2,50 м в ширину, и от 4 до 6 м в длину) (см. таблица 1. 20). Кроме того, в кровле, имеется проем для обеспечения естественного освещения в гостиной. Плоская кровля обеспечивает возможность передвижения и контактов, так как все террасы дома связаны между собой. Как правило, террасы окружены небольшими стенами, чтобы обеспечить безопасность и приватность дом. В постройку идут местные материалы – глина, алебастр, камень и пальмовое дерево, в зависимости от региона [131]. Котлован фундамента достигает глубины – до 2 м и стены имеют толщин 0.4-0.7 м (утрамбованная земля, саман).

В большинстве случаев у жителя города Сахары может быть два разных дома, один городской, а другой в пальмовой роще (легкий дом)³⁰. На пример, в городе Гардая в жаркое время летом жители перебираются в их летние дома среди садов и пальмовых роща окружающих город [11].

На основе проведенного анализа площади помещений традиционного дома можно варьировать, они имеют средние показатели:

- жилой дом (площадь застройки 190 кв.м);
- помещение-прихожая «скифа» (площадь 4-10 кв.м);
- внутренний двор (площадь 9-13 кв.м);
- гостиная (площадь 10-15 кв.м);
- комната (площадь 7-12 кв.м);
- кухня (площадь 6-9 кв.м);
- кладовая (площадь 4-10 кв.м);
- уборная (площадь 1 кв.м);
- терраса (площадь 70-140 кв.м).

Стилистические особенности традиционной жилой архитектуры пустыни Сахары, могут меняться в зависимости от региона (см. таблица 1. 30). Как правило,

³⁰ Примеры таких домов изучены архитектором Андре Раверо (по фр. André Ravéreau), в его книге «Le M'Zab, une leçon d'architecture» – 1981.

архитектурные детали очень скромные, почти лишены вариаций изогнутых линий, геометрический или растительный орнамент отмечен вход. Использование декоративной отделки фасадов и главного входа имеет особое значение для некоторых общин в городах Сахары, и определяет внешний вид дома (см. таблица 1. 31).

Внешние фасады дома, чаще всего, отличаются простотой и имеют небольшие прямоугольные окна (25 x 40 см). Фасад может совершенно быть без проемов, в отличие от внутреннего фасада, который имеет широкие окна и декоративную отделку (например, дома ксар Гадамес, Ливия и Кенадса, Алжир). Такая отделка фасада обусловлена климатическими и социокультурными требованиями; кроме того, небольшие наружные окна также выполняют функцию вентиляции.

На рисунке 10 представлены различные фасады домов в Сахаре. Выбор цвета определялся традиционным использованием материалов с натуральным составом. Таким образом, белый и красный были наиболее распространенными цветами. Эстетические ценности народной архитектуры основаны на природных материалах, а также способах их использования.

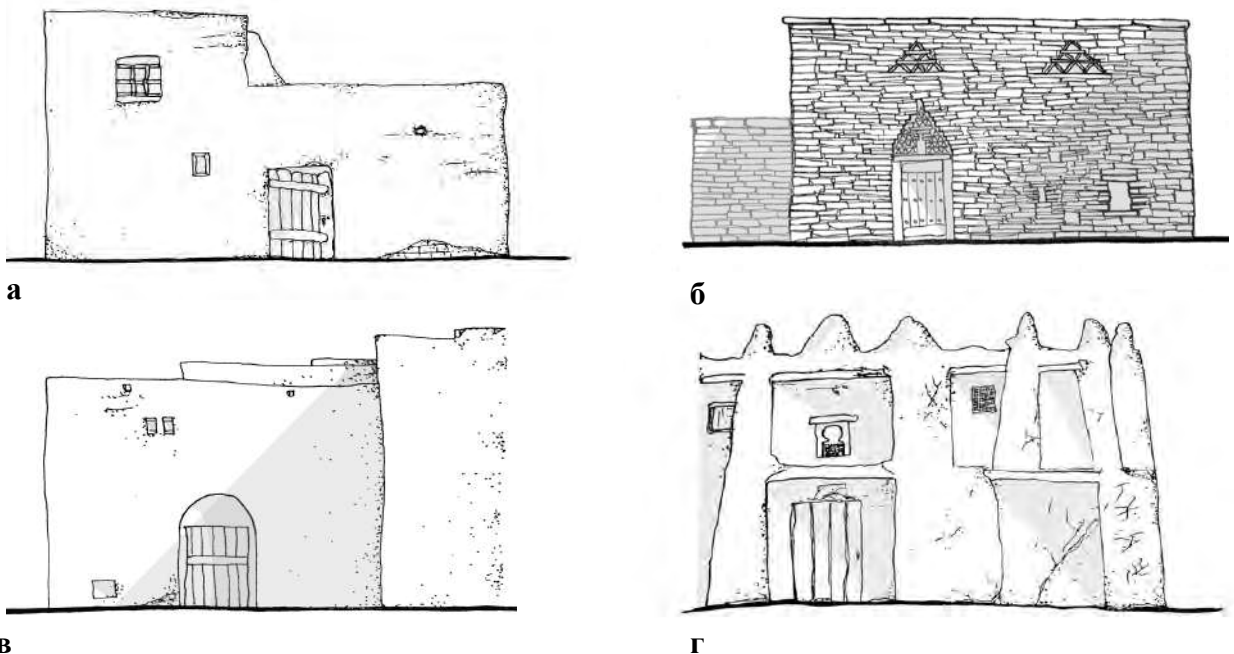


Рисунок 10 Примеры фасад традиционного дома в пустыне Сахара: а – Ксар Тагит, Алжир; б – Тишит, Мавритания; в – Ксар Гардая, Алжир; г – Тимбукту, Мали (Рисунки автора).

Литосферные дома. Этот тип домов (дома троглодиты) не очень распространен в пустыне Сахара, но различные исследования показывают, что данный тип полностью адаптирован к жарко сухому климату, и может варьироваться для разных регионов [153]. В качестве примера можно привести берберскую деревню, Матмата на юге Туниса и Гарьян в Джебель-Нефуссе (Ливия), где подземные жилища частично существуют до сих пор.

В Матмата дневные температуры регулярно превышают 45° С градусов с летом. Общая организация дома Матмата включает в себя гостиную, жилые комнаты, кухню, ванную комнату, двор и кладовая. Дома располагаются вокруг круглого колодца. Вокруг этого колодца образуется центральный внутренний двор, возможно с полностью выкопанными комнатами [191]. Второй этаж предназначен для хранения (кладовая). Площадь дома составляет примерно 800 кв. м, где проживает более 4-х семей (см. таблица 1. 28). Отдельные комнаты были выкопаны в мягкой скальной породе высотой от 4 до 10 м . Несмотря на жару снаружи, подземные комнаты, имеют комфортную температуру [235].

Дом Гериан (Ливия) можно разделить на два уровня: надземный и подземный. Большинство домов населяет несколько поколений семьи, поэтому у дома есть три или четыре индивидуальных жилых блока, каждый из которых предназначен для отдельной семьи. Организация дома позволяет расширять дом, добавляя новые комнаты посредством дополнительных углублений в стены двора, величина дома ограничена 10 комнатами. В каждом доме минимум 3 комнаты и максимум 10 комнат.

Внутренний двор является ядром пространственного расположения дома. Он имеет прямоугольную форму, размеры которой составляют 10 метров в длину, 8 метров в ширину и 10 метров в глубину. Комнаты имеют более или менее трапециевидную форму, где самое короткое измерение находится у входной зоны шириной от 1,5 до 2 метров (см. таблица 1. 29). Затем он расширяется внутрь, достигая ширины от 5,0 до 7,0 м [139]. Одним из основных преимуществ подземных домов является стабильная температура внутри дома [122, 228].

Внутренняя температура этих жилищ непостоянна в течение всего года. Следует отметить, что дома с патио и подземные дома имеют одинаковую центрическую организацию помещений, вокруг внутреннего двора. Форма, размер и архитектурные детали подземного жилища варьируются между районами и даже между домохозяйствами, в зависимости от социально-культурного фона, имущественного уровня и экологических особенностей, типа почвы, климата и гидрологических систем. Тем не менее, общий тип планировки остается схожим [227]. Одной из основных целей использования этих типологических форм традиционного жилища жилья является возможность экономии энергии за счет использования тепловой инерции грунта для создания комфортного микроклимата ИЖЗ [251].

Центричная композиция традиционного дома – центральный двор особенно характернее, для большинства традиционных домов Сахары. Двор известен под разными названиями (*Вист Эддар, Хауш*). Это персонализированное пространство, сохраняет свою роль, даже после модернизации [69]. Это универсальное место, которое собирает и распределяет пространство, принимает практически все виды деятельности в доме: сон, прием пищи, работу по дому, вечеринки. Внутренний двор соответствует социальной организации семейного уклада, который выражает близость семьи через замкнутый характер жилища. С архитектурной точки зрения эти пространства организуют композицию дома, они обеспечивают внутреннее распределение и упорядочивают общую геометрическую конфигурацию [148].

Факторы климатической адаптации традиционных жилищ – традиционные дома всегда были эффективным с точки зрения адаптации к жарко-сухому климату. Тем не менее, существует несколько основных традиционных пассивных технологий, которые были разработаны для охлаждения и освещения [9, 65]. Мы можем упомянуть следующие основные факторы адаптации традиционных жилищ:

- **Озеленение и фонтан** – является традиционным способом естественного охлаждения и достижения теплового комфорта в ИЖЗ.

- **Строительный материал (глина, и камень)** – являются наиболее распространенным строительными материалами в жарко-сухом климате. Использование глинобитных материалов и конструкций является одной из наиболее важных особенностей народной архитектуры Сахары. Глинобитный материал имеет много преимуществ: перерабатываемость, технологичность, энергосбережение, огнестойкость, долговечность.

- **Купол, свод** – являются наиболее распространенным архитектурным элементом в традиционном доме Сахары [184, с. 7]. Следует отметить, что купольные и сводчатые перекрытия имеют большую конвективную поверхность теплопередачи, благодаря чему ее легче охлаждать [261].

- **Машрабия** (араб. *مشربية*) – элемент исламской архитектуры, существуют различные типы с точки зрения строительных материалов (деревянные решётки или саман). Машрабия в основном использовались в традиционных домах и закрывают снаружи окна или балконы от воздействий солнца, регулируют воздушные потоки, снижают температуры скорость воздушного потока, воздушный поток и обеспечивают большую приватность [232, 264].

Сердаб, подвал (араб. *سرداب*) – подземные помещения которые считаются самым прохладным местом в традиционном доме в жаркое время года, используется для двух основных функций:

- спальная комната летом (в основном днем);
- сохранения пищевых продуктов.

1.3.2 Анализ архитектурного опыта индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара в период европейской колонизации (с XIX до середины XX в. в.)

Наступление европейского колониализма в девятнадцатом веке стало первым фактором с точки зрения изменения архитектурной организации. Европейское

колониальное присутствие принесло заметные изменения в архитектурный ландшафт городов Сахары. Эволюция архитектуры в этот период осуществляется путем введения новой модели архитектурной типологии в полном разрыве с традиционной архитектурной моделью, которая полностью отрицается колонизацией. Колониальная жилая архитектура в городах Сахары была прообразом архитектуры XIX века европейских городов [147]. Проекты домов были вдохновлены европейской архитектурой. Для анализа жилой архитектуры в период европейской колонизации было рассмотрено 6 типов домов из разных районов Сахары (см. таблица 1. 32).

Колониальные ИЖЗ выходят на улицу главным фасадом, а внутренний двор находится в задней части или со стороны боковых фасадов, в отличие от традиционных домов, где двор является центром дома [151]. Дома первой колонизации выровнены вдоль улиц имеют один или два этажа, и характеризуются открытой организацией пространств, имеют большие окна, балконы и классически орнаментированные фасады. Дома обычно были построены из сырцового кирпича; фасад был симметричен относительно оси дома. Внутренняя пространственная организация идет вдоль коридора или холла, который обслуживает разные комнаты, соответствует внутренней организации западного дома. Однако, встречаются дома, где внутренняя организация похожа на традиционный дом Сахары, участок для строительства всегда больше, чем участок в традиционных городах. Коридор - новый тип помещения, возникший в этот период в домах городов Сахары [80]. Коридор преобладал в XIX веке почти во всех европейских жилищах (см. таблица 1. 32). После 1903 года Джоннарт стиль (Нео-Мавританский, Арабизанс стиль)³¹ становится инициатором нового архитектурного стилистического направления классицизма с восточными мотивами. К 1910 году архитектура жилых зданий была пронизана восточным

³¹ Арабизанс стиль, (стиль Джоннар, нео-мавританский стиль): Стиль архитектуры Магриба, который был введен в 1920-х годах французской колонизацией в таких странах, как Алжир, Марокко, Тунис, этот стиль характеризовался использованием некоторых исламских архитектурных элементов.

стилем с мавританским и арабским декором в Алжире, Марокко, Тунисе и Египте (см. таблица 1. 33). Формирование этого стиля было основано на арабо-исламской архитектуре, на таких деталях, как подковообразные арки, купола, шпалеры и сдвоенные колонны [80]. Политические и социокультурные условия являются основными факторами появления данного стиля архитектуры.

В течение первой половины XX столетия в городском пространстве произошли кардинальные изменения, когда появился принцип «современности» и модернизма изменились взгляды и идеи архитектуры [152]. Под влиянием идей современной архитектуры, архитектура жилого дома начинает меняться. Современная архитектура формируется в результате новаций в технологии, инженерии и строительных материалах, а также в результате стремления избавиться от исторических архитектурных стилей и изобрести то, что было бы чисто функциональным и прогрессивным. В 1935 году в большинстве городов Сахары начинается расцвет современной архитектуры и колониальные власти запускают новые жилые проекты. Новые жилые дома имеют чисто геометрические объемы, появляются простые балконы и лоджии. Таким образом, интерес к неоклассическому стилю и восточным декорам снизился в пользу новых зданий и современных методов проектирования [185]. В этот период распространены следующие основные типы жилища в городах Сахары (см. таблица 1. 32):

- ***Колониальные блокированные жилища*** – дома квадратной и прямоугольной формы площадью 120-170 кв. м, обычно минимум двухкомнатный дом. Его пространственная организация приходит через центральный коридор, двор расположен в задней части дома. Внешний облик отличает большие окна и балконы в классическом архитектурном стиле.

- ***Колониальные жилища с верандой*** – одноквартирные дома площадью 80-190 кв. м, включают в себя: две спальни, гостиную, кухню, уборные и веранду, а также двор в задней части дома. Пространственная организация дома проходит через центральный коридор или холл.

- **Вилла** (*лат. villa*) – это комфортабельное жилище, распространенное в привилегированных районах городов Сахары. Его площадь варьируется от 250 до 700 кв. м. Виллы имеют обширный участок с хозяйственным двором, садом, фонтаном. Эти жилища предназначены для колониального высшего буржуазного класса. Особыми преимуществами ИЖЗ типа вилла является его полная изолированность, гибкая планировка и функциональная организация решений, а в случае необходимости- возможность трансформировать планировку и функциональные связи внутри жилища.

1.3.3 Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара

После обретения независимости страны Сахары оказались перед социально-экономическим и архитектурным дисбалансом. Сегодня новые архитектурные решения ИЖЗ могут зависеть от универсальных стилей. Это сотрет культурные и социальные ориентиры региона и поставит новый архитектурный и городской контекст в противоречие с традиционным решением архитектурного пространства. Нарастает конфликт современности и традиций в архитектуре и градостроительстве стран Сахары. Действительно, историческая форма ИЖЗ превращается в более сложные современные формы, которые больше не интегрируют существующую среду и местные культуры. Современные жилые здания в контексте Сахары спроектированы без должного соблюдения параметров, которые отвечают за обеспечение теплового комфорта. Проектирование жилья и тип конструкции не связаны с местным контекстом Сахары. С начала 80-ых годов в странах Сахары стимулировался социальные и коммерческие формы обеспечения ИЖЗ из-за демографического роста населения и необходимость развития инфраструктуры городов.

В городах Сахары наблюдается растущий спрос на индивидуальное жилище. Для анализа современной архитектуры индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара было рассмотрено несколько разных типов домов городов Сахары (см. таблица 1. 34 – 1. 37). В городах Сахары распространены индивидуальные дома с

участками и блокированные дома (1-3 этаж). Для социального жилища характерны многоквартирные блокированные дома с высокой плотностью застройки (около 60-80%). Этот период характеризуется полным отказом от традиционного жилища. Многие владельцы традиционного жилья в поисках современности, полностью сносят свои дома, чтобы построить более современный дом, отвечающим новым требованиям времени с добавлением новых помещений, а иногда в результате радикальной трансформации.

Эволюция архитектурной типологии жилища должна анализироваться в рамках культурного контекста развития региона. Таким образом, анализ выявил идеологические мотивы, лежащие в основе определенных архитектурных тенденций, касающихся пространственной организации жилищ, фасада, декора и повседневных функций, связанных с традиционным образом жизни. Проекты современных домов в значительной степени вдохновлены европейской архитектурой, навязанной в колониальный период. Эти современные дома значительно больше по площади, чем в Ксар, их площадь может в два раза превышать средние размеры традиционных домов. Дома выходят фасадами на широкие улицы, и внутренний двор находится в задней части дома. Доступ внутрь дома осуществляется прямо из коридора или холла во внутренние комнаты (см. таблица 1. 35).

В городах Сахары сегодня жилищная проблема остается по-прежнему острой. В большинстве стран Сахары отсутствует нормативный регламент проектирования ИЖЗ. Одной из самых больших проблем на данный момент является улучшение качества жилья с точки зрения энергоэффективности, функционально-пространственной организации, внешнего вида ИЖЗ, которые влияют на облик городов в пустыне. В последнее время проводится множество исследований в области развития архитектурной нормативно-правовой базы в городах Сахары и пересматривается понятие архитектурного качества в его городском контексте. В рамках идеи возрождения технологии использования глинобитных материалов в архитектуре пустыни Сахары, за последние 50 лет, было построено большое

количество домов и создано множество жилищных программ с их использованием. Один из примеров - проекты Хасан Фатхи в Египте (см. таблица 1. 34). В этих домах использовались элементы традиционной архитектуры, такие как: купола, машрабия, патио и своды.

Существует много общего между традиционным и современным домом в том, что касается функционального распределения помещений и их общей композиции, поэтому большинство застройщиков приближают архитектурную организацию дома к традиционной организации.

Внутренний двор – считается неотъемлемой потребностью при проектировании индивидуального дома в условиях жарко-сухого климата. Организация внутреннего двора определяется по многим параметрам в основном климатическим и социокультурным. В течение трех основных периодов (традиционный, колониальный, современный), которые мы проанализировали, мы можем видеть, что положение внутреннего двора в доме меняется со временем. В большинстве традиционных жилищ двор занимает центр дома, в колониальный период и на современном этапе двор размещается в задней части дома. Согласно различным исследованиям, которые были упомянуты ранее [66, 69]. Сегодня существует более восьми вариантов расположения двора в ИЖЗ городов Сахары (см. таблица 1. 39).

Индивидуальных жилых зданий сейчас строят не менее двух этажей (второй этаж делается, как минимум, террас). Индивидуальное жилищное *«самодельное строительство»* – считается основным и наиболее распространённым типом жилья в городах Сахары. Разрешение на самостоятельное строительство выдается муниципалитетами городов, где проектное бюро определяет размеры и конфигурации участков. Затем архитектурно-планировочная документация выкупается владельцем с обязательством выполнить данный проект. В реальной застройке типовые проекты не соблюдаются точно, и проект

модифицируется, самостоятельное строительство лежит в основе индивидуального жилья [77].

Индивидуальное жилищное «самодеятельное строительство»— имеет преимущественно один или два этажа и среднюю площадь 120-300 кв. м. Как правило, среднее количество человек, проживающих в одном доме, составляет от 3 до 8 персон. Для функциональной организации используется коридорная система или центральной холл. На первом этапе дом обычно имеет спальню, гостевую, кухню, уборные и задний двор, а также большинство домов имеет 1-2 гаража для сдачи в аренду. Отмечается низкий уровень доходов семей (во многих случаях первый этаж дома сдается, как гараж, который можно трансформировать в торговую точку). На втором этаже, находится спальни, уборная и терраса.

В индивидуальном жилищном строительстве (ИЖС) активнее применяются железобетонные монолитных конструкции и стеновые блоки из бетона. Существует много общего между современным и традиционным домом в том, что касается функционального распределения помещений и планировочных решений. Кроме того, сегодняшние фасады домов сильно искажают городской ландшафт из-за незавершенных фасадов или отсутствия определенного архитектурного образа. Наряду с этим, существует ряд архитектурных проблем для этого вида индивидуального жилья, связанных с несоблюдением нормативных и проектных требований для строительства и планировки (см. таблица 1. 38).

За последние двадцать лет было осуществлено достаточно много социальных и коммерческих программ по застройке ИЖЗ, построенные с помощью государственной поддержки (таблица 7). Эти дома подвергаются постоянно некоторой реконструкции, осуществляемой их жителями, поскольку не подходят для климатических и социокультурных условий Сахары. Основными факторами для реконструкции этих домов, являются:

1. недостаточная функциональная организация;
2. малая площадь застройки (см. таблица 1. 37);
3. низкий уровень обеспечения солнцезащиты.

Таблица 7

Состав и площади помещений индивидуальных жилых зданий для города Сахары

№	Название помещений дома	Индивидуальное жилищное «самодетальное строительство» (кв.м)	Индивидуальных жилых зданий (государственные программы) (кв.м)
1	Прихожая	8	6-10
2	Холл/ коридор	16	12
3	Общая комната (гостиная)	16-20	9-12
4	Кухня	18-22	9-12
5	Спальные комнаты	3x12	2x10
6	Санитарно-гигиенические помещения (ванная комната, туалет, душ)	12-18	12
7	Внутренний двор	30-50	9-30
8	Открытые помещения (балконы, веранды, террасы)	9-16	8-12
9	Гараж	20	/
Общая площадь		140-260 кв.м	81-180 кв.м

Следует отметить, что сегодня задачи для проектирования жилых зданий решаются архитектурно-проектными бюро, которые могут иметь разные статусы, что позволяет индивидуальным жилищам принимать различные формы и пространственную организацию. С другой стороны, большая часть населения не следует архитектурному проекту, заказанному архитектурным бюро, поэтому проекты фактически не совпадают с домами после строительства. Очевидно, что жилищный кризис в городах Сахары и проблемы, с которыми сталкиваются программы реализации, связаны с проблемами организации, компетентности и заинтересованности всех участников реализации программ обеспечения.

На основе анализа различных современных жилищ в городах Сахары выявлены характерные проблемы проектирования и строительства ИЖЗ, среди которых:

- Проблемы, связанные с обеспечением теплового комфорта и солнцезащиты;
- Проблемы, связанные с учетом социокультурного факторов;
- Недостаток нормативной документации и регламентов в области проектирования и строительства ИЖЗ;

- Проблемы, связанные с функциональной организацией и планировочных решений ИЖЗ;
- Неподходящие строительные материалы и конструкции.

Сегодня важнейшими локальными особенностями жилища являются – замкнутость, специфика зонирования и внутренний двор, который имеют глубокие корни и необходим в современной архитектурной практике. Принцип приватности проблематичен по причине кризиса современной жилищной идентичности. На сегодняшний день можно увидеть явные изменения в современных домашних пространствах, расширяющихся ежедневно, уменьшая тем самым аспекты приватности в сравнении с традиционными домашними пространствами. Все это свидетельствует о попытках жителей придерживаться традиционной пространственной организации дома, а также о стремлении идти в ногу со временем, что часто приводит к искажению архитектурного ландшафта. Это связано главным образом со многими организационными трудностями и отсутствием архитектурного контроля, а также с юридическим аспектом несоблюдения строительных норм и правил.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Анализ развития ИЖЗ, выполненный автором, показывает, что основными особенностями, оказывающими влияние на функциональную организацию и планировочные решения ИЖЗ городов Сахары являются: приватность жилья, требования гостеприимства, увеличение состава и изменение потребностей семьи.

2. На формирование ИЖЗ в городах Сахары влияет комплекс факторов, а именно: природно-климатические, социокультурные, эколого-энергетические и экономические. Учет данных факторов при проектировании ИЖЗ повлияет на их качество, удовлетворяющее нужды жителей Сахары.

3. Народное жилище имеет гибкую объемно-планировочную структуру и рациональность функциональной организации из-за возможности изменения функционального назначения помещений и добавления новых пространств при

увеличении состава семьи. Сегодня этот принцип считается важным в проектировании современного индивидуального дома.

4. Изменение типов жилищ в регионе Сахары из-за различных социальных, культурных, городских перемен привели в целом к изменениям в общей архитектурной типологии жилища. Происходит замещение традиционного типа жилья колониальным типом, который недостаточно учитывает климатические, социальные и культурные условия развития региона. Наиболее существенным архитектурным преобразованием была трансформация замкнутого типа жилища (традиционные дома) в открытый тип жилища с задним двором и балконами (коридорный тип).

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОПЫТ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕГИОНАХ С ЖАРКИМ СУХИМ КЛИМАТОМ

2.1 Современный опыт организации и развития архитектуры ИЖЗ в условиях жаркого сухого климата.

За последнее десятилетие было выявлено, что более 55% населения мира живет в городах и что к 2050 г. этот показатель, вероятно, вырастет до 75%³² (по оценкам ООН, 2019 г.) [220]. Еще более значительным является тот факт, что рост городских центров и спрос на жилые здания, которые должны размещать новых жителей городов, являются относительно постоянными. Современный опыт развития архитектуры индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) в жарко-сухих регионах тесно связаны с климатической, социально-экономическими, культурными особенностями каждого региона.

В жарко-сухих регионах климат всегда рассматривается, как важный экологический компонент при формировании городской жилой архитектуры [44, 257]. Эти регионы рассматриваются как наиболее сложные с точки зрения энергопотребления в зданиях из-за необходимости интенсивного охлаждения, вентиляции и поддержки теплового комфорта, поскольку внешняя температура воздуха более 45°C летом [191]. По этим причинам проблемы проектирования жилья и адаптации к климату сильно связаны [230, с. 55].

Сегодня, 14% поверхности Земли считается жарко-сухими регионами³³ и во многих странах, в том числе в странах пустыни Сахара, жилищный кризис неуклонно обостряется, несмотря на ряд новых политических мер, программ и стратегий, используемых государственным и частным секторами для решения этой

³² Ritchie H., Roser M. "Urbanization" //OurWorldInData.org. — 2018. — [Электронный ресурс]. – URL: <https://ourworldindata.org/urbanization> (дата обращения: 17.07.2022г.).

³³ По данным исследования Gaur M. K., Squires V. R. «Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands», население в засушливом климате: в Азии проживает самый большой процент населения, живущего в засушливом регионе: более 1400 миллионов человек или 42% населения региона. В Африке почти такой же процент людей, 41%, хотя их общее число меньше - почти 270 миллионов. В Южной Америке проживает около 87 миллионов человек, что составляет 30% населения [129].

проблемы. Правительство признало, что большинство нуждающихся в жилье во многих странах пустыни Сахара относятся к категории лиц с низким уровнем дохода, и для некоторых из них требуются специальные или социальные жилищные программы. Поскольку рыночные решения и частные фонды могут не подходить для расселения этой категории людей и ввиду жизненно важной роли, которую жилье играет в социально-экономическом и политическом развитии любой страны, правительства этих стран годами занимались предоставлением государственного жилья. В то время, как процесс глобализации привел к усложнению, а также к неоднозначности местной идентичности и к разрыву отношений человека с природой.

В различных регионах Сахары требования к жилым зданиям состоят в том, чтобы адаптироваться к жаркому климату и обеспечить внутреннюю и внешнюю среду, комфортную и благоприятную для жителей [23, 204]. Общая цель архитектурного проектирования — это также производство экологически чистых конструкций [12, 85]. Это достигается использованием наиболее целесообразных объёмно-планировочных решений и применением современных материалов и строительных технологии [6].

Сегодняшняя жилая архитектура развивается по принципам «устойчивого» проектирования с использованием природных и перерабатываемых строительных материалов, пассивных инженерных систем и оборудования всех видов с малым потреблением энергии, кинетических фасадов, технологии 3D-печати а также систем домашней автоматизации.

В последнее время растет интерес к исследованиям, касающихся традиционной архитектуры [198, с. 537]. Это результат сегодняшних экологических, климатических и энергетических проблем, с которыми сталкиваются города Сахары. На рисунке 11 показана тенденция к увеличению международных научных исследований традиционной архитектуры за последние четыре десятилетия. Отмечается, что проведено большое количество

исследований, посвященных особенностям народной архитектуры. Это связано главным образом с:

- экологическими проблемами (глобальное потепление и энергетические кризисы);
- с неоднородностью культуры и глобализацией политики и экономики в современном обществе;
- с энергоэффективностью и уровнем «устойчивости» традиционной архитектуры.

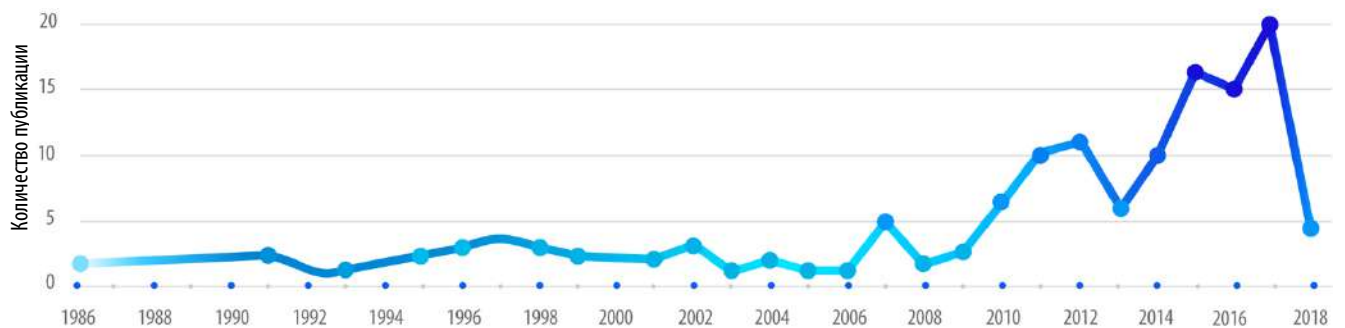


Рисунок 11. Эволюция количества публикаций по традиционной архитектуре [198, с. 537].

Жилое здание можно рассматривать как объект, который защищает внутреннюю среду от экстремальных внешних климатических воздействий. Процесс изучения выявления и контроля климатических воздействий является наиболее важной частью проектирования жилого здания. На сегодняшний день в регионах с жарко-сухим климатом накоплен опыт проектирования современных ИЖЗ, расположенных в таких странах как Австралия, США, ОАЭ, Саудовская Аравия, Кувейт, Катар, Индия, Китай, Мексика и Чили. Современный тип жилья учитывает различные пассивные методы и экологически чистые технологии.

Архитектура городов Сахары в XXI-м веке развивается очень сложно и противоречиво. Рассматривая ИЖЗ, в большинстве случаев их количество увеличивалось стихийно, самостроем, где индивидуальное жилище возводились в условиях самодеятельного строительства. Сегодня повышение качества и улучшение эксплуатационных характеристик жилых зданий в условиях жарко-

сухого климата являются актуальными задачами архитектуры, для обеспечения соответствия современным требованиям и высокому уровню комфорта.

2.1.1 Типология и архитектурно-планировочные решения ИЖЗ.

В жарко-сухих регионах, малоэтажные дома, особенно индивидуальные жилища, являются распространенным типом который может применяться в центральной и пригородных зонах города. Например, в Австралии, США, Саудовской Аравии, Катаре, Омане, ОАЭ, Мексике и во многих других странах мира с аналогичным климатом 70 — 90 % жилого фонда составляет ИЖЗ малоэтажной застройки. В городах Сахары почти 80 % населения проживают в индивидуальных домах [98]. Преимущества индивидуального жилища - возможность применять индивидуальные решения для каждого конкретного случая и обеспечивать высокий индивидуальный комфорт проживания.

Типология городских ИЖЗ характеризуются большим разнообразием. Дома могут быть расположены на участке изолированно друг от друга или иметь соединённую с одной или двух сторон. При определении типов ИЖЗ необходимо учитывать природно-климатические факторы, демографический состав, национальные особенности и бытовой уклад населения. В городах Сахары предпочтительнее применяются следующие типы жилища:

- блокированные дома (однорядной, двухрядной и кластерной застройки);
- отдельно стоящие дома (одноквартирные, двухквартирные).

Блокированные дома — тип малоэтажной жилой застройки, в котором квартирный блок соединяется с одной или с двух сторон и могут иметь протяжённую форму плана [279]. Блокировка домов бывает однорядной, двухрядной и кластерной. Ширина фасада дома составляет от 7 до 20 м, и в одном ряду может быть больше 3х домов, но в целом рекомендуемая протяжённость ряда — не более 100 м. В настоящее время блокированный тип жилища составляет основной объём современного городского жилищного строительства пустыни Сахара. В крупных городах такие дома могут иметь от одного до трех этажей, и где

площади могут варьироваться от 80 до 300 кв. м. В большинстве блокированных домов число комнат определяется количеством членов семьи. Спальни и внутренний двор размещаются сзади дома, а на передней стороне обычно находится гостиная и гараж.

Блокированные дома (двухквартирных, четырех-квартирные) с небольшими приквартирными земельными участками позволяют более рационально использовать участок и иметь относительно дешевое коммунальное обслуживание. По уровню комфорта блокированные дома значительно превосходят многоквартирные дома, но менее комфортные по сравнению с отдельно стоящими домами.

Отдельно стоящие дома – индивидуальный дом, у которого имеется участок земли. Площадь земельного участка варьируется в зависимости от места строительства от 200 до 600 кв. м. и более. Дом может иметь до трех этажей и среднюю площадь от 150 до 500 кв. м. Окна могут быть устроены на всех фасадах дома. Отдельно стоящие дома могут иметь различные формы плана и преимущество – полную изоляцию от соседних домов, и свободное размещение на участке [5, с. 15]. Однако, это ведет к увеличению стоимости земли, инфраструктуры и эксплуатации дома. Этот тип дома, как правило, расположен в определенных районах города и обладает высочайшим уровнем комфорта.

Проектирование жилого дома различается в зависимости от состава семей и их требований, таким образом - основные типологические признаки жилой ячейки зависят от числа человек на которое рассчитывается дом и определяется ее размер, общая и жилая площади. Отсюда и первый принцип проектирования форматируется, что каждому типу семьи свой тип дома. Поэтому должна разрабатываться и различные типы ИЖЗ с различным числом жилых комнат. Это является важной особенностью проектирования для массового индивидуального жилого строительства. Общее архитектурно-планировочное решение индивидуального жилища в целом определяется многими факторами, из которых

наиболее важными являются: ландшафтные, климатические и социокультурные факторы, а также уровень экономического развития городов Сахары.

Архитектурно-планировочные решения ИЖЗ рассмотрены с точки зрения соответствия четырем уровням:

Площадь и организация внутренних помещений. Классификация жилища в разных странах могут значительно отличаться в зависимости от уровня комфорта, более того площадь, количество и организация внутренних помещений являются важными критериями, по которым определяется классификация ИЖЗ. Площади жилого помещения на человека является одним из 10 ключевых показателей UNCHS³⁴ для анализа жилых домов. В мировой практике, нормы площади жилого помещения могут варьироваться в зависимости от страны от 9 до 40 кв. м. на одного человека. Например, в европейских странах (Франция, Италия, Германия, Швеция и Финляндия) нормы жилой площади в среднем составляют от 25 до 45 кв. м. на чел [253].

В РФ определена норма площади жилого помещения – 18 кв. м. на чел. на семью из трех и более человек. Во всех африканских странах и трех четвертях азиатских и тихоокеанских стран нормы³⁵ жилой площади составляет менее 20 кв. м. на человека. Кроме того, в РФ определена классификация жилища по уровню комфорта, 90 кв. м. и более для высоко комфортного (элитное), 40-90 кв. м. для престижного (бизнес-класс), 30-40 кв. м. для массового (эконом-класс) и 18-30 кв. м. на чел. для социального жилья [34].

Доля общей площади жилого дома в Австралии составляет в среднем 188 кв. м., затем следуют США с площадью 176 кв. м. и Канада со средней площадью 166 кв. м. В европейских странах (ЕС) средняя обеспеченность общей жилой площадью на одного человека составляет около 45 кв. м. Для стран ЕС, средняя норма массового жилья в Италии 108,2 кв. м, Германии 92,7 кв. м., Норвегии - 74 кв. м.

³⁴ UNCHS: (сокращенное обозначение) United Nations Centre for Human Settlements.

³⁵ Charting the progress of populations, floor area per person (UNCHS). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/ProgressOfPopulations/14.pdf> (дата обращения: 12.01.2022г.).

Англия и Ирландия имеют среднюю площадь около 71 кв. м., Швеция - 65 кв. м на одного человек [109, 91]. Для государственного социального жилья, например, в Саудовская Аравия используется минимальная жилая площадь около 70 кв. м., 50 кв. м. в Тунисе, Марокко, Мексике и Китае и 30 кв. м. в Нигерии, Кения и Индии. За последние 20 лет в большинстве стран Сахары объемы ежегодного ввода площади жилья не увеличились, а уменьшились (на 20 кв. м).

Существует множество разнообразных подходов к теории пространственной организации ИЖЗ. Ф. Л. Райт — один из величайших архитекторов XX-го века, который внес огромный вклад в развитие архитектурно-пространственной организации жилых домов уделял особое внимание планировке дома. Для Райта внутреннее пространство дома является главной сущностью, и оно должно быть объединено и организовано таким образом, чтобы служить практическим потребностям владельца дома. Использование внутреннего двора в жарких и сухих регионах является ключевым элементом проектирования ИЖЗ для защиты от высоких температур и достижения приватности дома. Площадь двора определяется исходя из пропорциональной площади дома. Формы и расположение внутреннего двора варьируются в зависимости от архитектурно-пространственной организации ИЖЗ. Двор может быть открытого типа или закрытый со всех сторон. Закрытый двор в условиях пустыни Сахара более приспособлен к климатическим и социокультурным потребностям, где дворы часто являются основными местами активности проживающих, включая садоводство, приготовление пищи, работу, игры, сон или даже в некоторых случаях в качестве мест для содержания животных. С другой стороны, анализ традиционных домов и мировой практики проектирования и строительства ИЖЗ показывает, что центральная пространственная организация дома достаточно эффективна для обеспечения естественного освещения, внутренней вентиляции дома и безопасности в условиях жарко-сухого климата.

Рациональная функционально-планировочная организация. Одним из основных условий оптимальной функциональной организации и зонирования ИЖЗ

является ее соответствие социальным потребностям семьи. Принцип рационального функционального зонирования, всегда отражает тип семьи, традиций и ее образ жизни. Комфортность проживания в ИЖЗ зависит от правильного определения необходимого состава и взаимосвязи помещений. Объединение помещений или разъединение зон ИЖЗ и создание оптимальных взаимосвязей между помещениями может реализовываться разными способами.

Индивидуальные жилища в городах Сахары отличаются своей традиционной функционально-планировочной организацией, которая в полном объеме отвечает традиционному укладу жизни и консервативной социальной структуре населения, где потребность приватности является ключевым фактором в организации жилого пространства и связи между помещениями дома. Эта практика имеет определяющее значение для функционального зонирования ИЖЗ. Помещения жилого дома Сахары чаще всего делятся на три основные функциональные зоны — гостевую (общую), семейно-индивидуальную и интимную. Основой решения плана ИЖЗ является совокупный функциональный процесс, в ходе которого внутреннее пространство дома расчленяется на функционально взаимосвязанные группы помещений.

Гибкость и трансформации жилого пространства. Сегодня существует ряд исследований посвященных вопросам гибкости и трансформации внутреннего пространства жилья [2, 10, 30, 118, 138, 216]. Их обеспечения является одним из важнейших параметров проектирования индивидуального жилья. Во многих странах принцип трансформации объемно-планировочных решений и гибкость стали широко применяемым в современных ИЖЗ [38, с. 74]. Пространственная гибкость обуславливает изменение конфигурации внутренних помещений ИЖЗ и их назначения с перспективой «*роста дома*» и возможность трансформации путем добавления новых помещений при увеличении состава и изменения потребностей семьи. Основным преимуществом данного решения является эффективность использования внутренних помещений и возможность добавлений новых

помещений, многофункциональное использование пространств и улучшение естественного освещения и вентиляции [2, с. 19].

С другой стороны, внутреннее пространство должно быть адаптировано к изменениям климатических сезонов и времени года. В жарко-сухом регионе, индивидуальному жилищу необходимо иметь ряд конфигураций в зависимости от сезона года. В этом контексте мы можем отметить «Sharifi-ha» дом в Тегеране, Иран. Спроектирован студией Nextoffice. В основе концепции дома положена сезонная трансформация комнат, которые меняют свою конфигурацию и могут поворачиваться на 90 градусов в горизонтальном положении, во время жаркого сезона, чтобы открывать вид на террасы, и создать более прохладное пространство при естественной аэрации, а в холодный зимний сезон, повернуть обратно, чтобы поддерживать тепло в доме [30, с. 62]. Примеры сезонной трансформации пространств ИЖЗ представляются на таблице 2.2.

Летние пространства (ЛП). В условиях жарко-сухого климата летние пространства служат важной частью дома в течение длительного периода, когда температура выше 28 °С. В большинстве городов Сахары этот период продолжается более 6 месяцев (с апреля по октябрь). В современной жилищной строительной практике существуют различные подходы к проектированию летних помещений (ЛП). Большинство городских индивидуальных жилищ проектируется с одним двором, верандой, и террасой на втором этаже. Открытые помещения могут выполнять не только бытовые и хозяйственные функции, но и другие важные функции через обеспечение взаимосвязей между с природой. В основном в группу ЛП входят веранда, двор, лоджии, террасы и различные виды балконов и эркеров. Другие виды летних помещений могут быть открытые или закрытые галереи, крыльца и атриумы. Летние пространства выполняют различные функции:

- дополнительное пространство для семейных бытовых нужд;
- место отдыха и занятий;
- дополнительная вентиляция и естественное освещение;

- создание условий для изолированности и приватность ИЖЗ между соседскими семьями.

2.1.2 Параметры и факторы создания комфортного микроклимата помещений ИЖЗ

Создание комфортного жилого пространства в условиях жарко-сухого климата достигается путем оптимального сочетания температуры, влажности, скорости движения воздуха и воздействия лучистого тепла. Изменения климата и глобальное потепление усиливает воздействия жарко-сухого климата с его чрезвычайно высокими дневными температурами и интенсивным солнечным излучением. Таким образом, обеспечение теплового комфорта в жилых помещениях и снижение потребления энергии становится все более насущным вопросом в процессе проектирования ИЖЗ и это требует новых методов проектирования, строительства и переоценки существующих [135, 83]. Тепловой комфорт считается необходимым условием проживания в жарко сухом климате, где температура наружного воздуха достигает более 48°C летом и 5 °C в ночное время зимой. Следовательно, основной проблемой является высокий уровень тепло-поступления летом и высокие потери тепла в зимний период [111].

Определение уровней комфорта было проблемой для исследователей на протяжении многих десятилетий. Проблема теплового комфорта человека в зданиях уже имеет более чем 50-летнюю историю и была практически стандартизирована ISO, BSI³⁶, CEN (европейский комитет по стандартизации) и ASHRAE³⁷. Тем не менее, тепловой комфорт является междисциплинарной областью изучения, поскольку он включает в себя многие аспекты различных научных областей: строительные науки, физиологию и психологию человека [128, 155]. Таким образом, зона комфорта определяется на основе оценок состояния здоровья групп людей и варьируется от одного человека к другому, в зависимости

³⁶ Британский институт стандартов (англ. British Standards Institution)

³⁷ ASHRAE: (сокращенное обозначение) The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

от привычек, активности и формы одежды [211, с. 11]. Наиболее известной моделью теплового баланса является модель прогнозируемого среднего уровня (PMV), которую Фангер³⁸ предложил в своей книге «тепловой комфорт» [127]. Позже она была принята в качестве стандарта ISO. Этот метод предполагал, что комфортную температуру можно рассчитать, когда значение CLO человека, скорость метаболизма и параметры окружающей среды были известны. Оптимальные данные, которые использовались для определения скорости метаболизма, были получены с помощью экспериментов, проведенных в климатических камерах. Еще одна хорошо установленная модель теплового баланса, стандартная эффективная температура (SET) [197], также использует аналогичный расчет с немного отличным подходом в способах расчета скорости метаболизма³⁹ [78, с. 2].

В индивидуальном жилище и застройке определяют два типа пространств (внутренние и внешние), которые являются одновременно местами деятельности и быта, где необходимо иметь условия комфорта. Тепловой комфорт в любой среде определяется рядом экологических и индивидуальных факторов, но его трудно измерить, поскольку он очень субъективен. Факторами окружающей среды являются: температура воздуха, относительная влажность и скорость ветра, а отдельными факторами являются одежда и скорость обмена веществ. Взаимодействия этих шести факторов определяют, что тепловая граница также субъективна, и поэтому довольно сложно определить, какие комбинации этих факторов будут вызывать ощущение «тепловой нейтральности» [159].

Кроме того, температура и влажность считается основным фактором для оценки теплового комфорта. В соответствии с современными нормами и

³⁸ Повл Оле Фангер (по Англ. *Povl Ole Fanger*): “экспертом в области теплового комфорта и восприятия внутренней среды, его вклад в исследования по тепловому комфорту до сих пор определяет современное состояние технологии HVAC и основу для международной стандартизации. Он также известен созданием единиц измерения качества воздуха в помещении (IAQ)”.

³⁹ Так, *Богдасс Б.* (по Англ. *Bordass B.*), отмечал: Далее развивается это наблюдение, указывая на то, что комфорт довольно субъективен и в нем задействовано много аспектов, которые трудно определить : «*Комфортная температуры воздуха - 21°C и 50%. Личный комфорт субъективен и зависит от индивидуальности, времени суток, времени года <...> формы одежды и т.д.*”

правилами температура внутри помещения ИЖЗ должна составлять в среднем 20 - 26°C; скорость движения воздуха зимой должна составлять в среднем 0,2 м/с; относительная влажность в жилых помещениях от 30 до 45%, санитарных помещениях – 40 – 60% [180, 269, 274, с. 3]. Средняя влажность в пустыне Сахара варьируется от 20 до 40 %, и как правило, не считается климатической проблемой, люди могут чувствовать себя достаточно комфортно в диапазоне от 20% до 55% относительной влажности.

2.1.3 Активные и пассивные энергосистемы ИЖЗ в жарко-сухом климате

Для обеспечения комфортного микроклимата в архитектурном проектировании индивидуальных жилых зданий могут использоваться две системы (активная система / пассивная система).

Активные системные решения. Сегодня спрос на кондиционирование воздуха неуклонно растет, мировые продажи в 2011 году выросли на 13% по сравнению с 2010 годом⁴⁰, и ожидается, что в ближайшие десятилетия рост ускорится, так как повсюду в мире уровень температуры окружающей среды увеличивается [193, с. 191]. Широко распространенная установка систем кондиционирования не только увеличивает общее энергопотребление, но и повышает пиковую нагрузку. Пиковый спрос во многих городах Сахары растет примерно на 50%, чем рост базового спроса, а в некоторых районах - в три раза выше среднего, что, в свою очередь, требует более высокой генерирующей мощности, особенно в центральной Сахаре для обеспечения теплового комфорта помещений дома. Все это поставило нас перед многими проблемами с точки зрения энергопотребления и сохранения природных ресурсов.

Механические системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) обычно используются для соответствия критериям комфорта. В регионах

⁴⁰ Narayanan, R. Heat-Driven Cooling Technologies. Clean Energy for Sustainable Development. – 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/312515621_Heat-Driven_Cooling_Technologies (дата обращения: 14.04.2022г.).

с жарким климатом использование систем вентиляции и кондиционирования воздуха важно для поддержания комфорта в ИЖЗ. В настоящее время использование кондиционеров в индивидуальных домах является наиболее эффективным средством охлаждения внутреннего пространства в условиях высоких температур, из-за неэффективности проектирования и теплоизоляции существующих домов. Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, является чрезмерный размер помещений и высокие затраты энергии. Однако количество потребляемой электроэнергии зависит от нескольких факторов, среди которых наиболее важные из них: охлаждаемая площадь, строительные материалы, климат, управление потреблением энергии пользователем, теплоизоляция, освещение и внутренние тепловые нагрузки.

В большинстве городов пустыни Сахара, для которой характерно очень жаркое лето, максимальная температура наружного воздуха составляет 45–55°C и даже выше, что обеспечивает большое потребление электроэнергии из-за высокой температуры. Города Сахары обычно потребляют электроэнергии в летний сезон в три раза больше, чем в холодный сезон [94]. Целью кондиционирования воздуха является не только контроль температуры, но и влажности, фильтрации и движения воздуха в помещении [193].

С другой стороны, системы охлаждения за счет испарения в жарком сухом климате также являются эффективным технологическим вариантом для помещений, особенно в период с марта по июль. В XXI веке усиливается тенденция отходить от традиционных систем кондиционирования в качестве основного метода контроля температуры и интегрировать их с TABS⁴¹ - термически активными системами зданий. Фундаментальная концепция, термоактивные систем здания, представляет собой комбинированную систему отопления и

⁴¹ TABS: (сокращенное обозначение) Thermally Active Building system, (Термически активированная строительная система (TABS) представляет собой комбинированную систему отопления и охлаждения с трубами, встроенными в конструкционные бетонные плиты или стены многоэтажных зданий).

охлаждения с трубами, встроенными в конструкционные бетонные плиты или стены, и какого-либо дополнительного внутреннего пространства для установки обычной системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) не требуется.

Обычно TABS использует массу всего здания для регулирования температуры, как функционирующую систему [221]. Причина, по которой TABS становится приоритетным элементом экологического проектирование в современном строительстве, имеет две составляющие: они гораздо более экономичны и энергоэффективны, чем ОВКВ⁴² системы. Другие активные системы, которые могут использоваться для жилых зданий: солнечные фотоэлектрические элементы (СФЭ) и солнечные коллекторы (СК), ветряные генераторы. Эти системы являются энергоэффективными технологическими установками [58].

Пассивные решения и методы в архитектуре ИЖЗ.

Повышение энергоэффективности и обеспечение теплового комфорта жилых домов является особенно важным аспектом для жилищного строительства. Сегодня многие теоретики архитектуры и архитекторы утверждают, что из архитектуры традиционных жилых зданий можно ещё многому научиться и получить от неё вдохновение [201]. Традиционная архитектура выработала свои приемы адаптации в экстремальной окружающей среде через использование пассивных элементов или осуществимых стратегий энергосбережения. Традиционная архитектура придерживается фундаментальных архитектурных принципов и концепций устойчивого развития через использование пассивных технологий теплоизоляции, аэрации и местных строительных материалов, эти принципы являются одними из наиболее важных особенностей традиционной архитектуры [229]. На сегодняшний день, пассивные системы могут быть использованы при проектировании современных жилых зданий для повышения уровня энергоэффективности и

⁴² ОВКВ: (сокращенное обозначение) отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

обеспечения комфортных условий проживания [29].

Пассивные системы – это приёмы и устройства, которые могут быть интегрированы в жилые здания, в виде традиционных технологий для повышения комфорта в помещении. В связи с этим ключевая задача состоит в том, чтобы найти способы интеграции принципов народной архитектуры в разработке проектов жилой архитектуры и модернизировать существующие системы [163, 197].

Высокая температура является преобладающей чертой климата Сахары, где особое внимание следует уделить проблеме охлаждения зданий. Цель пассивного охлаждения – избежать накопления тепла и обеспечить естественное охлаждение, избегая возникновения перегрева. Эти традиционные методы были просто подкреплены современными технологическими знаниями и оптимизированы таким образом, чтобы их можно было успешно использовать при проектировании и эксплуатации жилых зданий [143].

В этой связи можно привести примеры современных домов, в которых применялась эта пассивная инженерная технология, например: Дом с нулевым потреблением энергии (Zero carbon house) в Эр-Рияд, Саудовская Аравия (см. таблица 2. 3). Второй дом PASSIVHAUS расположен в городе Барва, Катар, разработан и построен QGBC (Qatar Green Building Council), и BRE (Kahramaa and Barwa Real Estate Group) (см. таблица 2. 4). Проект состоит из двух домов (PHV)⁴³ и (STV)⁴⁴, расположенных рядом с идентичным планом площадью 200 кв. м. Виллы PASSIVHAUS предназначены для семьи из четырех человек, включает в себя: три спальни, открытую гостиную и кухню, а также центральное патио. Данные проекты разработаны в процессе поиска возможностей использования возобновляемой энергии (ВИЭ) для индивидуального жилья в жарком сухом регионе.

В этой связи, можно упомянуть город Масдар (2006-2014), в ОАЭ (см. таблица 2.5). Проект отличается тем, что использован эффект теплового отклика который зависит от наружного климата, а использование инженерных систем отопления,

⁴³ PHV: (сокращенное обозначение) Passivhaus villa.

⁴⁴ STV: (сокращенное обозначение) Standard villa.

вентиляции и кондиционирования воздуха было сведено к минимуму. Уникальные пассивные методы смягчают экстремальные климатические условия для создания теплового комфорта для жителей города. Масдар Сити на 100% рассчитан с использованием возобновляемых источников энергии, в то время как 170 МВт (53%) от общего потребления энергии обеспечивается фотоэлектрическими системами. Предполагается, что потребление энергии в Масдар Сити составляет менее 30 кВт / ч. на душу населения в день, что в 9 раз меньше, чем потребление энергии в США [50].

Для достижения теплового комфорта в архитектуре ИЖЗ есть ряд рекомендованных методов и стратегий для пассивного проектирования, среди них:

Использование тепловой массы для кондиционирования внутренней среды. Тепловая масса эквивалентна тепловой емкости или теплоемкости, то есть способности тела накапливать тепловую энергию. Когда внешние температуры колеблются в течение дня, большая тепловая масса в изолированной части дома может служить для смягчения дневных колебаний температуры, чтобы уменьшить тепловые нагрузки, которые могут в нее попасть [241, 233].

Малоэтажные здания и высокая плотность - это две основные характеристики городской застройки города Масдар, и одно из важных пассивных решений городского и архитектурного пространства в жарком климате, для уменьшения инсоляции стен домов, которые пропускают большое количество тепла во внутреннюю часть дома.

Озеленение - одним из атрибутов экологических тенденций является применение различных видов вертикального озеленения жилых здания [6, с. 88], например: озеленение фасадов и кровель, оранжерей и внедрение растительности внутрь жилища. Проект «The Green Dip»⁴⁵ института «The Why Factory» является ярким примером, в котором разрабатываются проекты для озеленения здания и городов. В данном проекте архитекторы разрабатывают набор технологий,

⁴⁵ The Green Dip / The Why Factory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thewhyfactory.com/project/the-green-dip/> (дата обращения: 14.11.2022г.).

позволяющих озеленять различные поверхности зданий (террас, кровли, сад), а также подбирают растения в зависимости от климатических регионов и условия местности.

Естественная вентиляция и окна – в жарко-сухих климатических условиях, где естественная вентиляция только увеличивает приток тепла, конвекционное охлаждение используется в форме «ночной аэрации». В этом случае тепловая масса здания накапливает прохладный воздух в течение ночи, поскольку температура воздуха ночью ниже, чем днем, прохладный ночной воздух, накопленный в тепловой массе здания, используется в течение дня. Для использования этого пассивного метода, внешняя оболочка должна быть изолирована, а здание должно оставаться закрытым в течение дня, чтобы предотвратить проникновение горячего наружного воздуха [141, с. 45]. Окна в жилых зданиях рассматриваются, как один из наиболее важных элементов, для обеспечить естественного освещения и вентиляции. Расположение окон и направление движения ветра важно для правильной вентиляции и снижения внутренней температуры [31, 268]. Для вентиляции важно наличие по крайней мере одного входа и выхода воздуха. Рекомендуемые требования, чтобы внешние проемы были меньше внутренних проёмов с видом на внутренний двор [263, 265].

Широкое использование стекла в строительстве представляет проблему для архитекторов в жарко сухих регионах. Исследователи продолжают разрабатывать новые стеклянные технологии, которые являются энергоэффективным и гибкими особенно в жарких регионах, где использование обычного стекла является проблемой летом, когда стекло имеет высокую проницаемость для солнечного света. В жарком климате ИЖЗ должны иметь окна с двойным или тройным остеклением с низким коэффициентом солнечного проникновения (SHGC)⁴⁶. Существует разные технологических инноваций, такие как интеллектуальное покрытие окон, которое можно использовать в жарко сухих условиях. В

⁴⁶ SHGC: (сокращенное обозначение) Коэффициент усиления солнечного тепла.

исследовании Трой Мэннинг «Troy D. Manning» разработано интеллектуальное оконное покрытие, которое при нанесении на стекло зданий. Покрытие изготовлено из производного диоксида ванадия, пропускает видимые световые волны в любое время, но отражает инфракрасный свет, когда температура поднимается выше 29 °С. Длины волн света в этой области спектра вызывают нагревание, поэтому блокирование инфракрасного излучения уменьшает нежелательное излучение солнца [243, с. 748].

В условиях жаркого климата городов Сахары, в летние месяцы, наиболее эффективные меры для ограничения негативного воздействия инсоляции и создания комфортных условий для ИЖЗ могут быть достигнуты при помощи применения двух средств:

1. Солнцезащитные средства (СЗС) — использование СЗС в жилой архитектуре Сахары позволяет защитить дома при высоком уровне солнечной инсоляции и сокращения расхода энергии. Оболенский Н.В. в своей книге «Архитектура и солнце», подразделяет солнцезащитные средства на три основные группы: архитектурно-планировочные, конструктивные и технические средства [31, с. 208].

– **Архитектурно-планировочные средства ИЖЗ.** Ориентация индивидуальных жилых зданий является важнейшим пассивным приёмом, позволяющий ослабить неблагоприятное воздействие жаркого климата. Оптимальная солнечная ориентация сводит к минимуму излучение в жаркие периоды, а в холодные месяцы обеспечивает достаточное освещение [256, с. 205]. Чтобы определить оптимальную ориентацию здания, необходимо учитывать три основных фактора:

- Топография (населенные пункты предпочтительно размещать на северных склонах, чтобы избежать чрезмерного воздействия солнца),
- Солнечное излучение,
- Преобладающий ветер (Ветры в Сахаре являются переменными, но частыми в секторах с северо-запада на северо-восток и с юго-востока к юго-западу, что

совместимо с южным фасадом).

Сегодня в городах Сахары, одной из проблем застройки жилых территорий заключается в полном отсутствии площадок озелененных территорий, что приводит к возникновению дискомфортной городской среды и к низкому уровню экологической безопасности и устойчивости. При проектировании ИЖЗ, важнейшим солнцезащитным средством (СЗС) является использование озеленения, это оказывает существенно большее влияние на аэрационное состояние жилья, защиту от прямой солнечной инсоляции и регулирование воздушных потоков, а также снижает загрязнение воздуха [42].

– **Конструктивные средства** — являются одним из наиболее распространённых средств и методов защиты ИЖЗ, использующие разнообразные солнцезащитные устройства (СЗУ), эти элементы могут крепиться к наружному фасаду перед окнами в виде решётчатых экранов или по всей поверхности фасада здания. В жарко-сухом климате для ИЖЗ важны солнцезащитные устройства (СЗУ). В традиционной жилой архитектуре часто используются наружные стационарные солнцезащитные устройства в качестве основного метода солнечной защиты (Рисунок 12).



Рисунок 12. Солнцезащитные устройства в традиционных домах, арх. Хасан Фатхи (Египет).

Использование СЗУ играет большую роль для уменьшения интенсивности солнечного света внутри жилого здания, что оказывает существенное влияние на снижение температуры внутри ИЖЗ [18, с 670]. Кроме традиционных СЗУ, современные солнцезащитные системы являются более эффективными, могут

снижать расходы на вентиляцию и искусственное охлаждение воздуха, а также улучшить качество естественного освещения внутри домов. Жан Нувель, Норман Фостер и другие архитекторы интегрировали эту концепцию в современные архитектурные проекты⁴⁷. Наружные солнцезащитные устройства имеют разные типы и конфигурации, включая стационарные и регулируемые устройства (горизонтальные, вертикальные). Различные типы стационарных СЗУ были исследованы по их эффективности в создании тени на южном, восточном и западном фасадах (от V1 до V11)⁴⁸. На основании этих результатов были рекомендованы два типа для южной, восточной и западной сторон с наилучшей эффективностью затенения: ОРТ 1 и ОРТ 2 (см. таблица 2. 5).

Малкаф (Ветроуловитель) – в организации внутреннего пространства ИЖЗ особое внимание уделяется созданию естественной вентиляции для охлаждения. Следовательно необходимо использовать системы ветроуловительных устройств. Ветроуловители широко применяются в традиционной жилой архитектуре в основном в Северной Африке и странах Западной Азии (Иран, Саудовская Аравия, Катар и др.). Башня ветроуловителя рассматривается, как эффективное пассивное решение для обеспечения естественной охлаждения и вентиляции с меньшим количеством пыли, улавливая прохладный ветер с верхних уровней, где воздух менее пыльный и более прохладный в жарко сухих регионах [121]. В настоящее время существует много видов ветроуловителей, чьи формы и функции отвечают климатическим условиям. Наиболее распространенными типами ветроуловителей являются:

⁴⁷ Напр.: Жилой дом (Plaza 13), расположенный в Мадриде, Испания. (архитекторы: Bueso-Inchausti & Rein Architect) — 2020 г.; Агбар (башня), в Барселоне, Испания. (архитекторы: Жан Нувель, Фермин Васкес Уарте-Мендикоса) — 2005 г.; Масдар Проект (Город), расположенный в (ОАЭ). (архитекторы: Foster + Partners), — 2006-2014 г.; Стадион «Хазза бин Зайед» — многофункциональный стадион, расположенный в ОАЭ, (архитекторы: Pattern Design).—2014 г.; Национальная библиотека короля Фахада в Королевстве Саудовская Аравия, (архитекторы: Gerber Architekten), —2014 г.

⁴⁸ Brise Soleil study – 2012. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urbanalyse.com/research/brise-soleil-study-2/> (дата обращения: 11.09.2022г.).

Тип I. Однонаправленный ветроуловитель: имеет одно вентиляционное отверстие и используется при одном направлении преобладающих ветров (Рисунок 13, а).

Тип II. Двухнаправленный ветроуловитель: имеет два вентиляционных отверстия размещенных с противоположных сторон (Рисунок 13, б).

Тип III. Разнонаправленный ветроуловитель: имеет четыре или пять вентиляционных отверстия, чтобы улавливать ветер разных направлений. Имеет четыре или пять вертикальных отсека, разделенных перегородками (Рисунок 13, в).

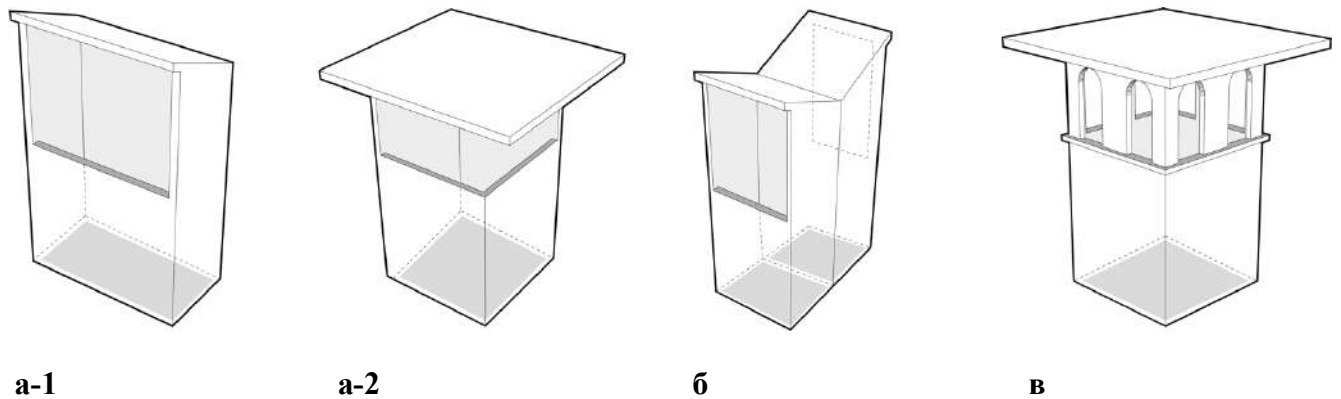


Рисунок 13. Типы традиционных ветроуловителей: а(1-2) – однонаправленный ветроуловитель; б – двухнаправленный ветроуловитель; в – разнонаправленный ветроуловитель (рисунки автора).

Использование ветроуловителей снижает температуру воздуха, но не влияет на уровень влажности. Поэтому, наличие водного элемента в ветроуловитель необходимо для обеспечения охлаждения и увлажнения воздуха. Система испарительного охлаждения является более эффективной для обеспечения теплового комфорта внутри ИЖЗ. Системы испарительного охлаждения могут быть интегрированы с ветроуловителями с использованием различных методов, например, в качестве водораспылителей у верхних отверстий ветроуловителя, по ходу потока воздуха или через подземный канал, где используется инерционной температуры грунта для охлаждения воздуха летом.

Сегодня в современной архитектуре растет осознание необходимости применения методов естественной вентиляции и пассивного охлаждения. Многие архитекторы интегрировали принципы традиционной вентиляции «Малкаф» с

современными технологиями в качестве полезных устройств для повышения качества и эффективности притока свежего воздуха. Ветроуловительные установки в виде башни были разработаны для объединения традиционного ветроулавливателя и современных устройств. Эти устройства изготовлены из алюминия и снабжены поворотным механизмом по ветру для создания большего воздушного потока. Одним из архитектурных проектов, использующих ветроуловитель, является дома «windcatcher house» в Юте, США (2012), «Zero-Carbon BRE House» в Уотфорде, Англия (2005) (см. таблица 2. 6), «BedZED» в Хакбридже, Англия (2002) и др. Эти проекты представляют собой успешный пример внедрения энергосберегающих технологий.

Monodraught - являются полностью автоматическими и программируемыми и могут управлять вентиляцией с помощью полностью регулируемого потолочного вентилятора, амортизаторов, а также различных типов датчиков. Датчики улавливания ветра могут измерять температуру воздуха, CO₂, скорость движение ветра, шум и влажность в зависимости от конкретных требований помещения [183]. Для ИЖЗ по возможности рекомендуется использование современных ветроуловительных установок, поскольку они просты, эффективны с низким потреблением электроэнергии, и не требует специального места для размещения.

Системы лучистого охлаждения. При высоких температурах в летнее время жители пустыни нуждаются в простых и менее дорогих средствах для охлаждения жилых помещений, а современные ИЖЗ городов пустыни часто используют кондиционеры, таким образом количества потребляемой электроэнергии и стоимости их эксплуатации - самые большие препятствия, с которыми сталкивается население. Технические системы (ОВКВ) не только потребляют большое количество электроэнергии, но и вызывают нагрев наружного воздуха, в результате чего улицы города имеет более высокую температуру по сравнению с другими открытыми пространствами. Среди экономичных способов решения проблемы охлаждения зданий в жарких странах является лучистое

охлаждение - это пассивное охлаждение, которое происходит за счет отражения солнечного света в окружающее пространство.

Одним из методов охлаждения является использование специальной краски. Краска может отражать более 97,6 % солнечного света [171, с. 22]. Краска остается более прохладной, чем окружающий воздух, даже под воздействием прямых солнечных лучей. Она содержит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - акриловая краска и использует частицы различного размера, которые помогают рассеивать больше солнечного света и поглощает УФ-лучи, поэтому остается холодной. На рисунке 14 показано испытание новой краски для наружных работ, которая показала охлаждающую способность 95 Вт/кв. м [171, с. 17]. Ночью температура окрашенной поверхности уменьшилась на $\sim 10^\circ\text{C}$ ниже температуры окружающей среды.



Рисунок 14 а – инфракрасные тепловизионные изображения коммерческого покрытия (Sp2), картонной подложки (Sp1) и покрытия $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Sp3), б – фотографии тестируемых покрытий, в – инфракрасное изображение трех покрытий после 20-дневного воздействия [171, с. 22].

В связи с этим следует отметить, что выбор внешнего цвета жилища имеет важное значение. Использование белого цвета на внешних стенах также важно для достижения наибольшего отражения количества солнечного излучения, падающего на него, и уменьшения конвекции.

2.2 Анализ современного опыта проектирования и строительства ИЖЗ: подходы, тенденции и технологии

В настоящем разделе анализируется современный опыт проектирования и строительства ИЖЗ. Значительный ряд примеров позволил определить основные

подходы и тенденции развития архитектуры ИЖЗ, и рассмотреть актуальные современные строительные технологии и специфику применения глинобитных материалов, выявить их недостатки и достоинства в мировой практике.

2.2.1 Анализ современной практики проектирования ИЖЗ и тенденции использования глинобитных материалов в строительстве

Современный опыт проектирования и строительства ИЖЗ необходимо рассмотреть с точки зрения типологии ИЖЗ, пространственной организации, архитектурного стиля, строительных материалов, конструктивных и инженерно-технических решений; более того необходимо определить актуальные приемы и методы применения конструкций из глинобитных материалов. Сегодня мировая архитектурная практика проявляет интерес к проектированию современных ИЖЗ с применением экологически чистых материалов. В связи с этим за последние годы было разработано множество устойчивых стратегий, направленных на развитие глинобитной архитектуры, особенно на их реализацию в условиях жарко-сухого климата. Этим обусловлено увеличение количества современных проектов ИЖЗ, в основе создания которых -практический интерес к достижениям традиционной архитектуры. Архитекторы и дизайнеры, такие как Хасан Фатхи, Сэмюэль Мокби⁴⁹, Гернот Минке, Диебедо Фрэнсис Кере, Татьяна Бильбао, Луиджи Роселли; ряд архитектурных студий, компаний «DIALOG», «Edra arquitectura», «EarthLABStudio», «Mollhaus», «Arias Arquitectos», «Robson Rak Architects» и международные организации SPAterre, CAPterre, Dwell-earth, своей деятельностью подтверждают экономические, технические и эстетические преимущества глинобитной архитектуры ИЖЗ [70, с. 74].

Дом “Above Board Living”, Бронте, Австралия (2021). Двухэтажный, отдельно стоящий дом, площадь которого составляет 150 кв. м. Проект разработан

⁴⁹ Сэмюэль Мокби (Samuel Mockbee) - американский архитектор намерен придать своему архитектурному проекту социальное измерение, в том числе и проектам с использованием природных материалов. В 2003 году был посмертно номинирован на Золотую медаль Американского института архитекторов AIA (American Institute of Architects).

архитектурной студией «Luigi Rosselli Architects». На первом этаже дома располагаются две спальни и гостиная вокруг центрального холла с лестницей в виде спирали, а также гараж и веранда. Двор находится в задней части дома. На первом этаже - кухня, столовая, балкон и спальня (см. таблица 2. 7). Строительные материалы (утрамбованная земля, древесина и железобетон) были выбраны, чтобы подчеркнуть экологичность дома. Наружные стены выполнены из утрамбованной земли толщиной 40 см., с добавлением 5 % цемента для стабилизации прочности. Структура кровли изготовлена из дерева [48].

Вилла “The Layer”, Виктория, Австралия (2016). Отдельно стоящий дом площадью 470 кв. м. разработан архитектурной студией «Robson Rak Architects». Участок дома имеет уклон с севера на юг. На первом этаже, в северной части дома, расположены гостиная, кухня и столовая, а спальни размещены в южной части. Также создано несколько небольших дворовых пространств для обеспечения естественного освещения и вентиляции [174]. При строительстве дома использовались местные строительные материалы. Три основных материала – утрамбованная земля, бетон и древесина (см. таблица 2. 8). Окна с двойным остеклением - защита от перегрева.

Дом "The Adobe House", Нью-Мексико, США (2017). Дом расположен в Таосе на севере Нью-Мексико, спроектирован архитектурной студией «Mollhaus». Дом одноэтажный площадью 214 кв. м. Жилые помещения организованы вокруг внутреннего двора. Основные помещения - кухня, столовая и гостиная – размещены в северо-восточной части дома, где расположены три больших окна для обеспечения максимального естественного освещения [157]. Концепция дома построена на симбиозе традиционной архитектуры и современной архитектуры зданий из глинобитных материалов (см. таблица 2. 9). Особенностью этого дома является его экологичность, поэтому в качестве основного материала для строительства стен выбран саман (глинобитный кирпич), покрытый глиняной штукатуркой а кровля изготовлена из дерева.

Резиденция “Yorkville”, Северная Калифорния, США (2014). Проект разработан архитектором студии «Alan Nicholson Design». Отдельно стоящий одноэтажный дом площадью 255 кв. м. состоит из четырех спальных комнат, а также кухни, столовой и гостиной, совмещенных с террасой. При строительстве использовались такие материалы как бетон, утрамбованная земля, сталь и дерево. Наружные стены толщиной 40 см. изготовлены из утрамбованной земли и имеют уникальную систему остекления, разработанную по специальной технологии [51]. Остекление было использовано для усиления архитектурного эффекта легкости и воздушности и обеспечения естественного освещения. Основой каркасного дома являются конструкции из металла. Кроме того, крыша сделана из легких стальных профилей, удерживаемых в плоскости трехмерными вантовыми фермами. Благодаря использованию стальной рамы и оптимизированных конструктивных систем, конструкция сводит к минимуму расход материалов на каркас (см. таблица 2. 10). Для электричества и отопления рядом с домом установлена солнечная панель.

Дом “Earth House”, Мерида, Мексика (2017). Одноэтажный дом, спроектированный архитектурной студией «EarthLABStudio». Расположен в городе Мерида. Площадь дома -189,3 кв. м.

На первом этаже - кухня, столовая, гостиная, четыре спальные комнаты, ателье, терраса и гараж. На втором этаже - открытая терраса. Концепция дома отражает гармонию между традиционной и современной архитектурой, создавая стиль, который объединяет школы и тенденции, благодаря сочетанию глинобитных материалов со стандартными материалами, такими как бетон [117]. Стены построены из утрамбованной земли, а кровля выполнена из глинобитного кирпичного свода (см. таблица 2. 11). Минималистический архитектурный стиль проекта дома подчеркивают простые формы, насыщенный белый цвет фасадов, отсутствие декора и текстуры.

Дом “Munita Gonzalez”, Батуко, Чили (2010). Отдельно стоящий двухэтажный дом площадью 275 кв. м., предназначенный для семьи из шести человек. Проект архитектурной студии «Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura».

Парадная зона первого этажа включает в себя кухню, столовую, которая является основным пространством, соединенным с гостиной. Кроме того, на первом этаже находится главная спальня с собственной ванной комнатой. На втором этаже – три спальни с общей ванной комнатой, служебная спальня и детская комната. Одним из центральных элементов дома является стена из утрамбованной глины разных цветов. Она отделяет кухню от пространства гостиной.

Дом имеет металлический каркас и глинобитные стеновые панели для тепловой эффективности. Панели состоят из сварных стальных сеток, заполненных глинобитной смесью. Внутренние стены отделаны специальной глиняной штукатуркой. Изогнутая и приподнятая крыша служит для освещения коридоров и обеспечивает внутреннее пространство большим количеством естественного света. Все двери и окна изготовлены из переработанного дуба со стеклянной термопанелью, полы также из переработанного дерева. Как конструктивная система, так и ее составляющие изготовлены из полностью перерабатываемых материалов [88]. Для удаления воды применена система (Tohá, Lombrifiltro)⁵⁰, в которой вода накапливается для повторного использования и применяется для орошения (см. таблица 2. 12).

Дом “21 St Century Vernacular”, Айерб, Испания (2014). Блокированный дом из утрамбованной земли номинирован на международную премию «*Terra Award 2016*» в области современной глинобитной архитектуры. Проект дома разработан архитектурным бюро «Edra arquitectura» в городе Аербе (Испания).

Цель проекта – выявить универсальность, устойчивость и потенциал использования глинобитных материалов. Проект был вдохновлен традиционной

⁵⁰ Sistema Tohá, Lombrifiltro: технология очистки сточных вод, созданная и разработанная доктором José Tohá Castellá в лаборатории биофизики факультета физико-математических наук Чилийского университета и запатентованная Фондом передачи технологий UNTEC. «Система Tohá» также известна как червячный фильтр или «динамический аэробный биофильтр».

местной глинобитной архитектурой с точки зрения её концепции, пассивных систем и использования местных материалов. Анализ жизненного цикла проекта показал снижение выбросов CO² на 50% [120].

Площадь дома составляет 276 кв. м. Внутренние помещения организованы вокруг центрального патио. Фундамент выполнен из монолитного железобетона в виде бетонного цоколя высотой 90 см. Стены построены из утрамбованной земли толщиной 45 см; в смесь добавлены соломенные волокна для увеличения теплоотдачи. Также использовались такие материалы как камень, гидравлическая известь, черепица и дерево. Дом имеет деревянную крышу, теплоизоляцию которой обеспечивают 20 см. слоя из овечьей шерсти. На южной стороне расположены большие окна с двойным остеклением, а на севере - маленькие для обеспечения пассивной слоя естественной вентиляции (см. таблица 2. 13).

Дом “Frammed Earth”, Сурат, Индия (2022).

Трехэтажный дом, спроектированный архитектурной студией «D'WELL», расположен в городе Сурат, Индия. Площадь дома - 367 кв. м. Проект был вдохновлен традиционной глинобитной архитектурой с точки зрения её концепции и использования местных материалов, и отражает гармонию между традиционной и современной архитектурой (см. таблица 2. 14).

Дом рассчитан на семью из 6 человек, в целом дом имеет четыре спальни и два гостиные, по одной на каждом этаже, а также кухня, столовая, место для пуджи и гараж на первом этаже. Стены построены из утрамбованной земли, с бетонными монолитными конструкциями. Утрамбованные земляные стены, обращенные к полуденному солнцу, обеспечивают естественную изоляцию для поддержания температуры и создания в доме преимущественно прохладной атмосферы [136].

Дом “Cave House On Loess Plateau”, провинция Шаньси, Китай (2016).

Блокированный литосферный городской дом. Проект был разработан архитектурным бюро «HyperSity architects». Дом площадью 278 кв. м. спроектирован согласно принципам эко-архитектуры. Важнейшая особенность данного литосферного дома – его энергоэффективность и экологичность.

Дом разделен на две функциональные зоны: внутреннее пространство - спальни, гостиная - и внешнее пространство — дворы. Таким образом, в доме пять разбросанных внутренних дворов, которые соединены в зигзагообразный коридор, что создает спокойную и комфортную атмосферу. В центральной части дома возведен из стекла круглый световой колодец, имеющий диаметр 1,5 м., для обеспечения естественного освещения и вентиляции. Особенностью этого проекта является то, что все строения возведены из глинобитных материалов с учетом местной архитектуры. Для постройки стен дома применена утрамбованная земля. Использование данного материала позволило сократить бюджет проекта [89].

Внешний фасад характеризуется отсутствием окон и декора, т. к. большая часть окон ориентирована на внутренние дворы (см. таблица 2. 15). Главный внутренний фасад выполнен в форме деревянной решетки для обеспечения естественного освещения и вентиляции.

Отдельный интерес также представляют работы архитектора Расем Бадран, его проекты, основанные на методологическом подходе к определению архитектуры как непрерывного диалога между современными потребностями и социокультурными ценностями «культурная идентичность» [238]. Данный подход является актуальным в условиях городов Сахары. Расем Бадран разработал множество жилищных проектов на Ближнем Востоке, в основном в ОАЭ, Саудовской Аравии, Иордании и др. Например, его проекты основаны на использовании локальных традиционных архитектурных элементов, учитывая бытовой уклад населения, региональные традиции и использование пассивных климатических систем (см. таблица 2. 16).

Новые проекты ИЖЗ последних лет раскрывают огромный потенциал применения глинобитных материалов. Выбор материалов имеет большое значение для обеспечения тепловой комфорт в жарко-сухом климате. Кроме того, сегодня в современной жилой архитектуре наблюдается рост в примени местных и экологически чистых строительных материалов для повышение устойчивости жилища (Таблица 8). Более того, проблемы экологической устойчивости и

энергосбережения являются универсальными и общими для всех стран и регионов мира [143].

Таблица 8

Анализ принципов проектирования в современной практике жилых домов

	№	1	2	3	4	5
	Название	Дом «Above Board Living»	Дом «Layer House»	Дом «Саман дом»	Резиденция «Yorkville»	Дом «Earth »
	Город, страна	Бронте, Австралия	Виктория, Австралия	Нью-Мексико, США	Йорквилл, США	Мерида, Мексика
	Авторы	Luigi Rosselli Architects	Robson Rak Architects	Mollhaus	Alan Nicholson design	EarthLAB-Studio
	Год	2021	206	2017	2014	2017
	Пл. (кв. м)	150	470	214	255	189
Принципы проектирования	Адаптация к климату и местности	+	+	+	+	+
	Лаконизм и минимализм	+	+	+		+
	Учёт социокультурных особенностей	+	+	+		+
	Пассивные технологические решения	+	+	+	+	+
	Использование глинобитных материалов	+	+	+	+	
	Использование современной технологии		+	+	+	
	Использование солнечной энергии (солнечные панели)				+	

Продолжение таблицы 8

	№	6	7	8	9	10
	Название	Дом «Мунита Гонсалес»	Дом «21st Century Vernacular»	Дом «Frammed Earth»	Дом «Cave on loess plateau»	Дом “Лу'луат Аль-Раха”
	Город, страна	Батуко, Чили.	Айерб, Испания	Сурат, Индия	Вейнан, Китай	Абу-Даби, ОАЭ
	Авторы	Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura	Edra arquitectura	D'WELL	HyperSity Архитекторы	Арх. Расем Бадран
	Год	2010	2014	2022	2016	2010
	Пл. (кв. м)	275	276	367	278	н/д
Принципы проектирования	Адаптация к климату и местности	+	+	+	+	+
	Лаконизм и минимализм	+	+	+	+	+
	Учёт социокультурных особенностей	+	+	+		+
	Пассивные технологические решения	+	+	+	+	+
	Использование глинобитных материалов	+	+	+	+	
	Использование современной технологии					+
	Использование солнечной энергии		+			

Новые проекты ИЖЗ последних лет раскрывают огромный потенциал применения глинобитных материалов. Выбор материалов имеет большое значение для обеспечения тепловой комфорт в жарко-сухом климате. Кроме того, сегодня в современной жилой архитектуре наблюдается рост в примени местных и экологически чистых строительных материалов для повышение устойчивости жилища. Более того, проблемы экологической устойчивости и энергосбережения являются универсальными и общими для всех стран и регионов мира [143, 248].

Изучение современного опыта строительства ИЖЗ и их методов проектирования позволило выявить особенности новых типов современных ИЖЗ из глинобитных материалов, способствовало дальнейшему развитию жилищной архитектуры и расширению областей их применения. На основе данного выше анализа были сформулированы принципы и приемы, которые могут быть учтены при поиске объемно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений ИЖЗ в условиях пустыни Сахара. К ним относятся:

- Различная типология ИЖЗ как результат учета национальных особенностей, бытового уклада населения, региональных традиций, а также географического положения и окружающей застройки.
- Включение в проекты ИЖЗ внутренних дворов в качестве необходимого пространства при застройке городов в пустыне Сахара.
- Применение экологического инженерного оборудования.
- Преимущественное применение местных глинобитных строительных материалов, традиционных и современных конструктивных решений для строительства в условиях жарко-сухого климата; использование новых цифровых методов проектирования в зависимости от их экономической доступности.

В большинстве регионов Сахары глинобитные материалы являются одними из материалов, способствующих созданию экологически безопасных жилых зданий и сооружений. Их использование при строительстве ИЖЗ имеет ряд преимуществ, соответствующих природно-климатическим условиям региона Сахары. В ходе исследования установлено, что современная глинобитная архитектура ИЖЗ экономически эффективна в условиях жарко-сухого климата при соблюдении современных строительных норм и правил его использования.

2.2.2 Специфика применения строительных материалов в условиях пустыни Сахара

В Африке, Азии и Европе глинобитные жилища распространены повсеместно в традиционных постройках. Современный опыт проектирования глинобитных

ИЖЗ включает в себя новый подход для архитекторов и специалистов, целью которого является интеграция традиционного архитектурного опыта, навыков и современных технологических решений в проектах ИЖЗ [28, 100, 217, с. 48]. Более того, чтобы предотвратить сдвиг в сторону интернационального стиля в архитектуре, который является распространенной характеристикой современной архитектуры, известной отсутствием идентичности и социокультурной ценности для обеспечения экологичности, сохранения индивидуальности местной архитектуры, такие тенденции использования традиций сегодня становятся важным аспектом в современной архитектурной практике [226, с. 7].

При исследовании многовекового опыта традиционной архитектуры основную проблему составлял поиск самих методов интеграции традиционных навыков и знаний в современное проектирование ИЖЗ [106, 137, с. 314, 252]. Амос Рапопорт⁵¹ в книге «Vernacular Architecture in the 21st Century» предлагает народную архитектуру в качестве модели системы «Model System», которая представляет теоретическое обобщение для применения в современном проектировании. В модели Рапопорта (Рисунок 15) проектирование является результатом разработки и определения принципов народной архитектуры. Этот процесс является последовательным, однако исследование подчеркивает, что архитектурное проектирование гораздо сложнее и затрагивает многие известные и неизвестные факторы.

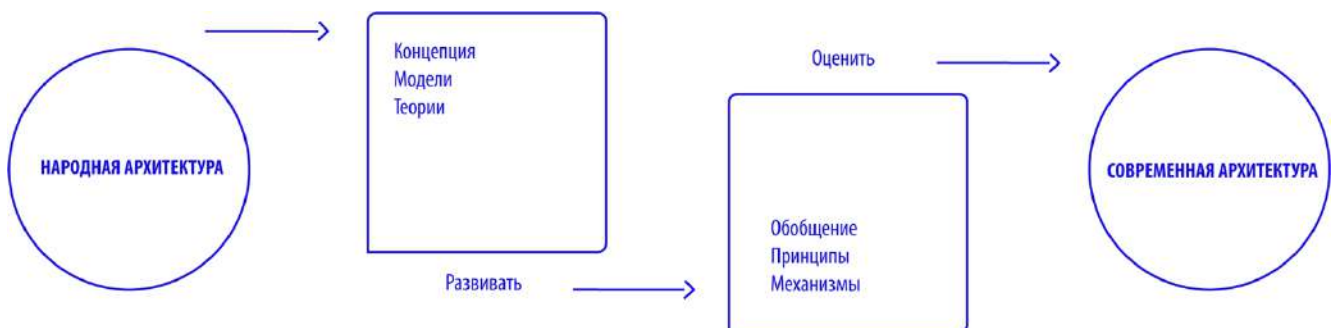


Рисунок 15. Модель развития концепции народной архитектуры.

⁵¹ Амос Рапопорт (по англ. Amos Rapoport): архитектор и один из основателей Environment-Behavior Studies (EBS). Его работа была посвящена роли культурных переменных в архитектуре.

«Модельная система», предложенная Рапопортом, может быть использована в качестве эффективного инструмента при проектировании современных ИЖЗ в пустыне Сахара. Проектирование ИЖЗ может проходить через несколько этапов (от анализа народной архитектуры пустыни Сахара до определения принципов), где климатические, культурные, экономические и экологические аспекты являются основными при проектировании дома. Кроме того, необходимо учитывать условия, связанные с участком, соседями, потребностями жителей, городскими и строительными нормами и стандартами.

В последнее время все настойчивее ощущается потребность в развитии производства местных строительных материалов, выбор которых имеет большое значение для обеспечения теплового комфорта и энергоэффективности в жарко-сухом климате. Проблемы экологической устойчивости и энергосбережения являются универсальными и общими для всех стран и регионов мира, поэтому сегодня в современной жилой архитектуре растет спрос на применение местных и экологически чистых строительных материалов, повышающих степень устойчивости жилища [143, 248].

В связи с растущим спросом общества на более экологичные строительные материалы в течение последних двух десятилетий многочисленные научные исследования были сосредоточены на использовании глинобитных материалов в строительстве. Результаты исследования «Жана-Клода Мореля», изучавшего публикации 1998-2019 годов в базе данных Scopus об использовании глинобитных материалов, показали, что более 98% статей о глинобитных материалах классифицируется в области архитектуры и строительства [187, с. 5]. Кроме того, был отмечен рост публикаций, связанных с глинобитными материалами, (по сравнению с количеством научных работ о стали и бетоне).

Региональные материалы

Использование природных местных материалов является одной из наиболее важных особенностей традиционной архитектуры городов Сахары, где

глинобитные материалы – наиболее распространенный строительный материал [125]. По сравнению с материалами промышленного производства они дешевые. Тем не менее, их низкая прочность и сложность в эксплуатации были признаны основными проблемами жилых домов, построенных из глинобитных строительных материалов [80]. Традиционно они использовались для возведения внутренних и наружных стен и конструкций, а также в качестве наполнителя для крыш.

Разработка глинобитных строительных материалов высокой прочности позволит не только снизить энергопотребление и стоимость здания, но и сохранить природные ресурсы [230, с. 325]. В последнее время ситуация в строительной технологии и производстве материалов кардинально изменилась: появились широкие возможности использования глинобитных материалов в малоэтажном строительстве. В результате строительство жилых домов из глинобитных материалов растет. Использование глинобитных материалов может помочь в строительстве ИЖЗ экономичного типа. Немецкий ученый Гернот Минке в книге «Building with Earth» подтверждает, что глинобитные материалы могут быть использованы не только в жилых, но также в общественных зданиях, таких как больницы, школы и административные учреждения [182].

В жилищном строительстве глинобитные материалы, в основном, могут применяться при возведении внутренних и наружных стен. С другой стороны, технические характеристики глиняных конструкций низкие, поэтому бетонные и стальные конструкции являются наиболее востребованными конструкциями, которые следует использовать.

В жарко-сухом климате дома из глинобитного материала обладают гораздо лучшими тепловыми свойствами, чем из бетонного материала. Глинобитные дома имеют ряд преимуществ, благодаря присущим материалу качествам: это способность к переработке, производительность, звукоизоляция, энерго-сбережение и огнестойкость [68, с. 477, 162]. Более того, важнейшим преимуществом глины является ее доступность и экономичность, где расходы на

эти постройки заключаются, в основном, в стоимости рабочей силы и инвентаря, что позволяет сэкономить большую часть бюджета проекта.

В вопросах экологичности и экономичности глина занимает первое место среди многих видов строительных материалов. В книгах Хасана Фатхи «Architecture for the poor» и «Le matériau terre : réalités et utopies. Architecture, aménagement de l'espace» подтверждается то, что глинобитные материалы являются экономичными и могут быть использованы для строительства современных домов экономичного класса [246, с. 437].

Характеристика глинобитных материалов в проектировании и строительстве ИЖЗ

Приспособление жилой архитектуры к климатическим особенностям - важнейшая задача в области проектирования и строительства ИЖЗ в городах Сахары. Глинобитные материалы - показатель экологической безопасности и устойчивости в отношении стоимости, переработки, энергоэффективности и тепловых характеристик. Они могут применяться в качестве стеновых или несущих конструкций зданий. Изменяя толщину стены и методы возведения, можно удовлетворить различные требования к нагрузочной способности и теплопроводности. С другой стороны, технические требования к глинобитным конструкциям относительно низкие и поэтому могут быть легко интегрированы в сочетании с бетоном, металлом и другими связующими материалами, повышающими прочность конструкции.

При проектировании и строительстве ИЖЗ важным критерием является термальная масса. Использование материала с соответствующей тепловой массой может улучшить тепловые характеристики дома в пустыне Сахара. Термальная масса – способность материала поглощать, накапливать и выделять тепло. Термическое отставание — это скорость, с которой материал выделяет аккумулированное тепло.

В целом, глинобитные материалы имеют низкий коэффициент теплопроводности ($0,20-0,95 \lambda$), высокую теплоёмкость (плотность $1000-2200 \rho$), что позволяет поглощать до 80% наружного тепла, и только 20% передается внутрь [247, с. 809]. В результате внутренняя температура летом, вероятно, будет ниже, чем наружная в течение дня. Высокая тепловая масса материала выгодна в климате, где есть существенная разница между дневной и ночной температурой. Например, стены из утрамбованной земли имеют большую тепловую массу. По данным Австралийского института (AIRAH, 2000)⁵², теплопроводность утрамбованной земляной стены толщиной 250 мм., с плотностью 1540 кг/ куб. м. и удельной теплоемкостью 1260 Дж/кг. к составляет 1,25 Вт/м. к. Кроме того, эффективным и экономичным средством поддержания теплового комфорта в ИЖЗ Сахары является использование материала с высокой тепловой массой в сочетании с другими принципами пассивного проектирования (например: ориентация, изоляция, соответствующее остекление). Добавление изоляционного материала (пенопластовые панели, полистирол) внутрь стены и кровли также увеличивает теплоизоляцию дома. Однако главным недостатком применения полимерных изоляционных материалов является их высокая стоимость в странах пустыни Сахара.

С другой стороны, одним из ключевых параметров при применении глинобитных конструкций являются механические характеристики. Дать нормативные значения этих параметров довольно сложно, так как они в высокой степени зависят от типа земли, глины и ее способа укладки. Мы можем упомянуть рекомендуемые значения, которые были указаны в различных существующих нормах и стандартах. Например, для утрамбованной земли толщиной более 0,25м. установлена сжимающая нагрузка от 0,4 МПа до 0,6 МПа (стандарты австралийского «Технического справочника») [249]. 0,5 МПа предписано

⁵² AIRAH 2000. Technical Handbook (Millenium edition). The Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating.

нормами Новой Зеландии (NZS 4297. 1998)⁵³, а 0,2 МПа рекомендуется французскими нормами.⁵⁴ Однако данные значения применимы для таких условий эксплуатации, при которых количество воды в материале остается довольно низким (1–4 %).

Глинобитные материалы, конструкции и методы возведения.

Специфика строительных конструкций и материалов ИЖЗ в городах Сахары обусловлена, в основном, природно-климатическими и экономическими факторами. В современном жилищном строительстве предпочтение отдается применению железобетонных, монолитных и каркасных конструкций для всех типов жилых зданий. В городах Сахары бетонные материалы и железобетонные конструкции распространены повсеместно, по сравнению с другими строительными конструкциями.

Большинство современных жилых зданий в жарко-сухих регионах строится из бетонных блоков, что создает определенные проблемы из-за низкой теплоизоляции бетонных блоков и высокого потребления энергии для охлаждения помещений [105]. С другой стороны, использование изоляционных материалов, таких как полистирол, минеральная вата, пенополиуретан, удорожает строительство, поэтому большинство индивидуальных застройщиков не использует эти материалы при строительстве ИЖЗ в данном регионе.

В настоящее время в городах Сахары значительно увеличивается производство таких материалов, как бетонный блок, кирпич, железобетонные панели и гипсокартон. Но указанные стеновые материалы всё же требуют (в той или иной мере) добавления дефицитного сырья и потому не вполне разрешают поставленную задачу. Главное, они далеко не покрывают растущую потребность в строительных материалах. Конструкции дома, его оштукатуривание и тип кровли,

⁵³ NZS 4297. 1998. “Инженерный проект и глинобитные постройки – устанавливает критерии эффективности механической прочности, усадки, долговечности, теплоизоляции и огнестойкости.”

⁵⁴ TERA. 2018 (Association TerreRhône-Alpes). “Guide Bonnes Pratiques - Pisé.” Confédération de la Construction en Terre Crue.

в дополнение к постоянному техническому обслуживанию, являются наиболее важными требованиями при строительстве глинобитных домов [80]. Существует ряд типов глинобитных строительных материалов и конструкций, которые можно использовать в жарко-сухих регионах для строительства индивидуальных жилищ:

Саман – один из наиболее распространенных материалов в жарко-сухих регионах. С научной точки зрения, термин Саман обозначает глинобитную смесь из глины, ила и песка. Эту смесь выкладывают вручную в форму такого размера, который необходим для извлечения из формы и высушивания непосредственно на поверхности земли. Учитывая характеристики различных компонентов почвы и специфику роли связующего, которую играет глина, понятно, что для того, чтобы почва могла использоваться в качестве материала, ее состав должен подчиняться четким правилам. Удельная теплоемкость стены из самана составляет 1260 Дж / кг К, а плотность - 1540 кг / м [203, с. 34]. Исследование, проведенное в Турции, показало, что стены, построенные из самана, обеспечивают лучшую звукоизоляцию, чем кирпичные или бетонные стены, и лучшую теплоизоляцию, особенно летом [74, с. 1041].

Теоретически, допустимый состав смеси для производства сырцового кирпича без добавления другого вещества должен иметь следующие пропорции: песок - от 55 до 75%; ил - от 10 до 28%; глина - от 15 до 18%. Смесь не должна содержать гравий, а содержание органических веществ не должно превышать 3%. Размеры саманного блока могут варьироваться: 15 x 10 x 25 см; 10 см x 25 см x 35 см [250].

Саман более эффективен летом, когда преобладающий прирост солнечного тепла может быть сохранен в стенах. Однако одним из недостатков использования самана являются стены, которые достигают размера 45 см и более. В настоящее время производство самана не требует больших затрат энергии по сравнению с другими строительными материалами, такими как цемент, бетон, обожженный кирпич (Таблица 9), поэтому затраты на производство низкие. У самана есть определенные недостатки: он не может быть точно стандартизирован, так как его

состав варьируется в зависимости от минералов, присутствующих в почве, и смесь должна быть отрегулирована так, чтобы сбалансировать ее различные компоненты [182, с. 198].

Таблица 9

Энергоёмкость при производстве различных строительных материалов

№	СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	ЭНЕРГИЯ [кВтч/ куб. м.]
1	Саман	5 - 60
2	Бетон	500 - 700
3	Обожженный кирпич	1000 - 1200
4	Железобетон	1800

При строительстве дома из самана важнейшими требованиями являются его теплопроводность и естественная эстетика фасада. Для наружных стен сечение должно иметь размер не менее 30 см, чтобы обеспечивать высокую термоизоляцию.

Утрамбованная земля – состоит из компактных слоев влажной глины в деревянной опалубке. Для трамбования используется пестик, трамбовка или специальное оборудование. Утрамбованная земля в стене распознается по наличию горизонтальной линии, которая соответствует высоте используемой опалубки. Стены дома из утрамбованной глины способны выдерживать землетрясения [250]. Одним из основных преимуществ использования конструкций из утрамбованной глины является достаточная прочность и простота использования при минимальной затрате энергии, также строительные материалы могут изготавливаться на самой строительной площадке дома или вблизи неё [45, с. 3].

Эта методика позволяет возвести несущие стены шириной 40-70 см. При этом стены по своей длине не должны превышать 8 м. Параметры стены, в основном, определяются ее низкой прочностью на растяжение [215]. Землебитные стены должны набиваться на прочных фундаментах. Таким образом фундаменты для домов должны строиться в виде ленточного фундамента из железобетона. Размер

фундамента зависит от типа стены и несущей способности грунта под фундаментом [102]. Стальная и деревянная конструкция широко используется для строительства крыш. Также могут использоваться несущие, самонесущие своды и купола. При отсутствии плиты крышу можно привязать непосредственно к стене с помощью стяжки (обычно металлической), встроенной в стену. Рекомендуемая влажная смесь для утрамбованных глиняных стен представляет собой комбинацию песка, гравия, глины и ила [160].

Используемая земля должна быть достаточно богата глиной. Рекомендуемая смесь состоит из смеси различных размеров зернистости, из глины (10-40%), ила (10-40%), песка (35-65%) и даже очень мелкого гравия [188]. Что касается оптимального содержания влаги, то оно ни при каких условиях не должно быть на 3% ниже или на 5% выше установленной нормы [149, с. 284]. Оптимальное содержание воды, составляющее 9,5 - 11%, приводит к сухой плотности до 20 кг / куб. м. [86]. Основное преимущество данной смеси заключается в отсутствии значительных затрат, доступности, необходимости в квалифицированных рабочих и специальных инструментах. Однако одним из главных недостатков глинобитных сооружений является большая ширина стен и их атмосферное повреждение (воздействие солнца и ветра), которое вызывает ослабление утрамбованных частиц и эрозию. Для повышения долговечности и прочности может использоваться в качестве стабилизатора цемент. Однако его содержание не должно превышать 5% смеси. В некоторых странах есть специальные коды и стандарты для современного глинобитного строительства (Германия, 2011), NAREBA, ASTM⁵⁵ (США, 2008-2010) и др.⁵⁶

Прессованный глинобитный блок (CEB, CSEB) – в различных регионах мира был разработан ряд современных проектов ИЖЗ с использованием «СЕВ»

⁵⁵ ASTM E2392/2392M -10. Standard Guide for Design of Earthen Wall Building systems, 2010.

⁵⁶ Напр.: New Mexico Earthen Building Materials Code – Title 14, Part 4,– 2009; Rammed Earth: Design and Construction Guidelines (EP 62) (2005 г.), Earth Building Practice, U. Röhlen /C. Ziegert (Германия, 2011 г.); Dachverband Lehm e. V. (ed.). 2009. Lehm bau Regeln-Begriffe, Baustoffe, Bauteile. 3rd edition. Wiesbaden: Vieweg+Teubner|GWV Fachverlage GmbH.

блоков. Прессованный глинобитный блок изготовлен из полусухой смеси глины и песка с использованием гидравлической прессовочной машины с различными формами блоков. Существует три основных вида блоков: сплошные блоки, полые блоки, перфорированные блоки (Рисунок 16). Особенностью этих «СЕВ»⁵⁷ или «CSEB»⁵⁸ блоков является их несущая способность, которая на две трети больше, чем у бетонных блоков (блоки пустотелые) [219].

Прессованный глинобитный блок значительно дешевле, чем обожженный кирпич и бетонный блок. Еще одно усиление «CSEB» блока достигается путем добавления небольшого количества цемента (5%). Общая прочность такого блока выше, а его водонепроницаемость, энергопотребление в 4 раза больше, чем у традиционного самана [61]. «СЕВ» или «CSEB» имеет несколько преимуществ: экономичность, гибкость использования, естественность, различные стандарты и модели и высокое качество технических характеристик.

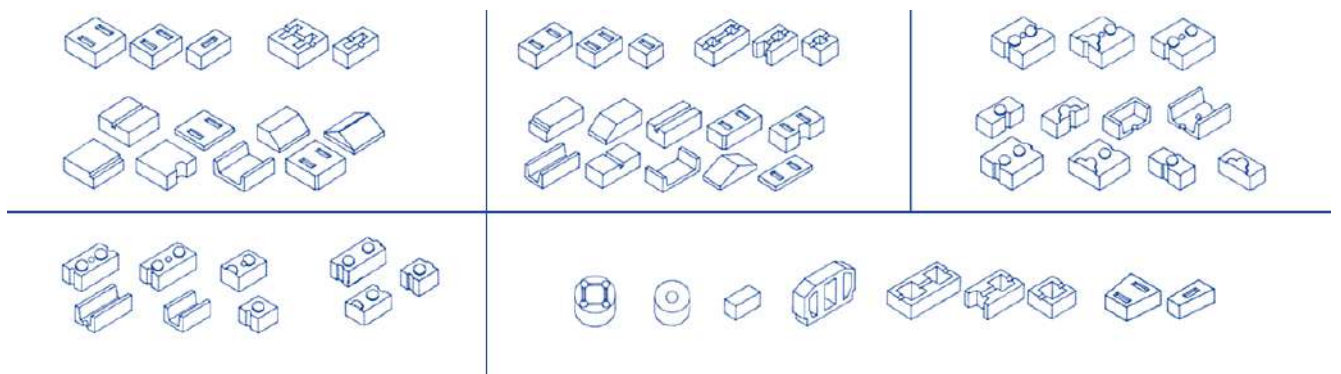


Рисунок 16. Различные типы прессованных глинобитных блоков [61].

Качество «СЕВ» зависит от правильного выбора и подготовки смеси [219]. Следует отметить, что сегодня в технологии производства глинобитных изделий применяется современное оборудование (станки) для производства различных видов глинобитных блоков. Это оборудование может быть автоматизированным или ручным.

⁵⁷ СЕВ: (сокращенное обозначение) compressed earth block.

⁵⁸ CSEB: (сокращенное обозначение) compressed stabilized earth block.

Стабилизация и водостойкость глинобитных материалов.

Глинобитные материалы являются органическими материалами и подвержены порче при длительном воздействии воды. Однако большинство традиционных проблем, таких как разрушение поверхности стены, были решены с помощью применения новых методов обработки глинобитных материалов и современных технических решений.

Среди наиболее распространенных проблем глинобитных зданий является эрозия - следствие быстрого разрушения поверхности. Разрушения происходят и по другим причинам: это антисанитарное состояние из-за длительного воздействия влаги и размыв стен в нижней части строений. Сегодня недостатки глинобитных материалов могут быть устранены путем реализации определенных методов, правил, возможностей и добавления стабилизаторов⁵⁹ для повышения прочности [60]. Эти добавки обеспечивают высокую степень стойкости к растрескиванию во время сушки и к воздействию дождевой воды или эрозии, высокий уровень механической прочности, могут облегчить использование благодаря своей мягкой текстуре [224].

Для защиты глинобитных стен и конструкций рекомендуются следующие основные решения:

1. Проектное решение (концептуальное) – Проектное решение базируется на использовании конструктивных приёмов, (например, монолитных бетонных фундаментов и бетонных цоколей сечением 30-60 см), а широкие карнизы (свесы крыш) обеспечивают защиту стен от прямого попадания осадков, предотвращая эрозию и размывы в нижней части стены.

2. Штукатурки – В городах Сахары количество осадков является минимальным и глинобитные стены не нуждаются в каких-либо специальных

⁵⁹ В книге «Building With Earth» (2006) Гернот Минке (Gernot Minke) обосновал методы и конструкции в жарко-сухих регионах, чем подтвердил, что глинобитные материалы обладают многочисленными преимуществами по сравнению с другими материалами. К примеру, исследование, основанное на результатах проекта PaTerre (2017) «*Argiles et biopolymères: les stabilisants naturels pour la construction en terre*», осуществленного CRAterre-ENSAG в сотрудничестве с LRМН, подтверждает существование нескольких традиционных рецептов животного или растительного происхождения, чтобы стабилизировать глину, которая имеет свою специфику в разных странах.

добавках или специальных обработках, поскольку прочностные характеристики материала обеспечивают основные функции: акустические, термические. Тем не менее, штукатурка стен необходима для решения различных проблем, создаваемых воздействием влажности. Используемые штукатурки могут иметь различные виды:

- натуральные штукатурки;
- облицовка (фасадные панели, сайдинг);
- окраска.

Глинобитные штукатурки в основном используются во внутренних помещениях, не требуют каких-либо химических обработок, что позволяет считать их экологически безопасными для здоровья. Добавление растительных волокон (соломы ячменя или льна), иногда и целлюлозы делает текстуру более однородной и улучшает фиксацию поверхности.

3. Стабилизаторы стенового материала – Стабилизаторы улучшают характеристики глины или грунта с целью предотвращения возможных трещин, образующихся после твердения, и повышения прочности под давлением. В связи с местными особенностями грунтов не всегда подходят одни и те же стабилизаторы.

В глинобитном строительстве существует три типа стабилизации:

- механическая стабилизация;
- физическая стабилизация;
- химическая стабилизация.

В соответствии с немецкими стандартами добавка стабилизатора является необходимой независимо от происхождения глинобитных материалов. Положение предписывает соотношение и тип стабилизаторов: они зависят от жирности земли и технологии строительства. Неорганические стабилизаторы, такие как песок, гравий и зола, повышают прочность стены, а добавление 5% гидравлической извести приводит к тому, что образец поглощает меньше воды [84]. Органическими стабилизаторами, которые увеличивают жирность и уменьшают эрозию затвердевшей земляной стены, могут быть жиры и масла, которые способствуют

водонепроницаемости глинобитных конструкций [182, с. 198]. Цемент или известь также используются в качестве искусственного стабилизатора. При строительстве, особенно при возведении трамбованной глинобитной стены, прочность стены повышают за счет добавления цемента (3-6 %).

Норма и стандарты глинобитного строительства

На сегодняшний день существует около 70 нормативных документов⁶⁰ по глинобитному строительству [218]. Основные стандарты и нормы используются в следующих странах: Австралия, Новая Зеландия, США (код Нью-Мексико), Франция, Германия, Испания, Индия, Марокко, Тунис, Зимбабве и Перу. Однако не все методы глинобитного строительства регулируются этими стандартами.

Стандартизация коснулась материалов, таких как утрамбованная земля, саман и прессованный глинобитный блок (СЕВ). Стандарты можно разделить на четыре категории в зависимости от степени охвата ими строительных технологий:

- В Новой Зеландии и в Нью-Мексико стандарты разработаны практически для всех методов, включая три основных: утрамбованную землю, саман и прессованный глинобитный блок.
- Марокканский и индийский стандарты, первый из которых касается традиционных приемов и методов строительства (утрамбованная земля, саман). Однако он не распространяется на новые методы: один из них - прессованный глинобитный блок (СЕВ). Индийский стандарт преимущественно предназначен для самана.
- Французский, испанский и тунисский стандарты регулируют только методы строительства прессованным глинобитным блоком (СЕВ).
- Перуанский стандарт предназначен исключительно для самана.

⁶⁰ Сегодня существует множество норм современных глинобитных построек, среди них: немецкие стандарты- DIN 18945 (2018) Lehmsteine – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren (глинобитные блоки — термины, определения, требования и методы испытаний), DIN 18947 (2018) Lehmputzmörtel – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren (глинобитные штукатурки — термины, определения, требования и методы испытаний), (DIN 18946, 2018) Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung; Франция- compressed earth bricks (CEB) (NF XP 13-901, 2001); Швейцария- BSI. ISO 7730, (Женева, Швейцария, 2005 г.); Австралия- EBAA (2004). Earth Building Association of Australia: building with earth bricks & rammed earth in Australia. EBAA, Wangaratta.

В странах Сахары многие компании, организации и архитектурные студии работают над развитием глинобитной архитектуры. Кроме использования глинобитных материалов в архитектуре и строительстве в последние годы был проведен ряд конференций и курсов по работе с глинобитными материалами в современной архитектуре. В этом видится некоторая связь с популяризацией глинобитных материалов как строительных материалов. Например, был организован ряд фестивалей Archi'Terre (International cultural festival for the promotion of earthen architectures). Данный проект, организован в школе архитектуры и градостроительства (EPAU) в Алжире, где дважды в год проводятся семинары по способам и приемам использования глинобитных материалов в современном строительстве.

Однако в настоящее время развитию массовой глинобитной застройки ИЖЗ в городах Сахары ставятся барьеры, в частности, из-за недостающих регулирующих нормативных механизмов и правил. При возведении ИЖЗ из глинобитного материала важнейшими требованиями являются прочность и естественная эстетика формы, которая должна совмещать в себе красоту и совершенство архитектурных элементов. Вслед за повышением качества городского ландшафта городов Сахары начали расти и масштабы развития архитектуры ИЖЗ.

Доступность, способность к переработке, энергосбережение глинобитного материала и возможность использования различных форм и типов конструкций делают его строительным материалом, подходящим для жарко-сухого климата. Важной задачей, стоящей перед местными строителями ИЖЗ в городах Сахары, является использование данного материала в строгой последовательности, в соответствии с современными международными стандартами и правилами. Помимо этого были отмечены и экологические свойства глинобитных материалов, доказана эффективность и важная роль глинобитных строительных материалов в обеспечении теплоизоляции стен и защиты от перегрева помещений.

Таким образом, выявлен потенциал применения глинобитных материалов в жилой архитектуре и строительстве городов Сахары, определена их роль в качестве экономичного, огнестойкого строительного материала, способного к переработке. Наряду с природно-климатическими факторами, влияющими на формирование глинобитной архитектуры ИЖЗ, показательны также экологические и строительные характеристики глинобитных материалов как наиболее эффективных при проектировании и строительстве ИЖЗ городов Сахары.

2.2.3 Энергоэффективность и экологическая безопасность архитектуры ИЖЗ в условиях жарко-сухого климата.

Сегодня с приходом инноваций меняются тенденции и подходы к проектированию и строительству индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ), открываются новые возможности для реализации нестандартных объемных и планировочных архитектурных решений. Основные тенденции и направления развития архитектуры ИЖЗ в условиях жарко-сухого климата тесно связаны с климатическими, экономическими и энергетическими факторами.

Энергоэффективность и рациональное использование ресурсов при проектировании и строительстве жилья являются ключевыми требованиями для любой современной жилой среды. Энергия в индивидуальных жилых домах расходуется преимущественно на обеспечение воздушно-теплового комфорта и на бытовые цели. Повышение энергоэффективности жилых зданий представляет собой важнейшее направление, которым отличается современное проектирование жилых зданий и которое является основным способом улучшения экологической безопасности жилой среды [41].

Вопросы обеспечения экологической безопасности и энергоэффективности стали наиболее значимыми для развития жилищной архитектуры [28]. В поисках инновационного ответа принимают участие ведущие архитекторы мира, такие как Гленн Мёркатт, Норман Фостер, Питер Басби, Ренцо Пиано, Ричард Букминстер Фуллер и др. Это становится современным трендом. В разных странах были

собраны обширные материалы по проектированию и строительству экологических ИЖЗ. В настоящее время экологичность и устойчивость все больше привлекает внимание архитекторов, урбанистов и правительств многих стран, что отражается в новых регламентах, нормах и стандартах, особенно в отношении уменьшения потребления энергии в жилых зданиях и использования чистых экологических материалов и конструкций. Таким образом возникла необходимость роста в секторе экологического строительства ИЖЗ.

Интерес к экологической безопасности и устойчивому проектированию возник после кризиса в мировой энергосистеме. В 1990 году в Великобритании была разработана система оценки, классификации сооружений и требования по экологической безопасности BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), которая является первой в мире системой рейтинга экологически чистых зданий. В 2000 году в США, USGBC (Green Building Council) разработали критерии, также направленные на улучшение экологических характеристик зданий посредством своей рейтинговой системы LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) для нового строительства [24, с. 16]. Эти рейтинговые системы предлагают оценку всего жизненного цикла здания, строительных материалов и конструкций, каркаса и состояния здания.

Более того, были разработаны дополнительные системы оценки на основе Метода BREEAM, например, CASBEE, Estidama, SB Tool, и Green Pyramid Rating System (GPRS). В настоящее время эти системы, адаптированные к национальным приоритетам и требованиям, стремятся выйти за пределы текущей политики и практики строительства с целью решения более широких вопросов устойчивости или развивающихся концепций. Например, дом нулевого энергопотребления (Zero Energy Building) и немецкий стандарт (Passivhaus), в котором определены требования к проектированию и постройке сооружений. Таким образом, большая часть этих систем включает, в основном, оценку следующих аспектов:

строительные материалы; потребление энергии; водоснабжение; загрязнение; качество воздуха в помещениях.

Сегодня одной из составляющих концепции энергоэффективного здания является наличие высокой энергоэффективности, использование пассивных систем и выработка энергии из возобновляемых источников. Энергия солнца и ветра является одним из наиболее быстро растущих в мире альтернативных источников энергии. В Сахаре огромный потенциал ветровой энергии (6.4 - 14 м/с). Тем не менее, этот потенциал распределен менее равномерно, чем солнечные ресурсы Сахары (1700 - 2300 кВт*ч/кв. м. в год). Пустыня Сахара считается наиболее важным регионом, который получает наибольшее количество солнечной энергии. Большая часть региона имеет более 300 дней яркого солнечного света [245]. Сегодня в странах, как Алжир, Марокко, Мавритания, Египет, существует множество вариантов использования солнечной энергии для индивидуальных домов в качестве экологически чистой и устойчивой энергии.

В целом, энергоэффективным считается дом с малым потреблением энергии, где экономия на ее потребление достигает 90 %, что составляет не более 130 кВт.ч/м в год [46, с. 114]. Энергоэффективность ИЖЗ реализуется путем максимально рационального использования ресурсов в процессе эксплуатации и применения эффективных архитектурных, планировочных и конструктивных решений, а также применения пассивных систем. Развитие энергоэффективных домов в городах Сахары является перспективным, поскольку дома в жарко-сухом климате имеют высокий уровень потребления энергии. Сегодня основной задачей повышения энергоэффективности и экологической безопасности ИЖЗ городов Сахары является проектирование индивидуальных жилых зданий с минимальными энергетическими требованиями при строительстве и во время эксплуатации. С другой стороны, изучение особенностей местного климата, направления ветра, топографии и других факторов стало необходимым для обеспечения максимальной энергоэффективности.

Таким образом, реализация главных принципов энергоэффективности и экологической безопасности ИЖЗ в городских условиях основана на следующих положениях:

- применять экологическое инженерное оборудование по обеспечению рационального использования энергетических ресурсов.
- использовать возобновляемые источники энергии (солнечная и ветровая энергия).
- применять экологические местные материалы при проектировании ИЖЗ.
- оптимизировать расходы водопользования, а также применять системы обработки и рециркуляции воды.

2.2.4 Анализ зарубежного опыта и перспективы формирования архитектуры ИЖЗ с применением современных строительных технологий

Использование новых технологий в настоящее время является важным компонентом современной архитектуры [217, с. 46]. Более того, современные технологии и инновационные материалы становятся сегодня основой фундамента для развития жилой архитектуры. Эти новые технологии активно внедряются в архитектуру и строительство ИЖЗ [130].

В настоящее время жилая архитектура городов Сахары требует перехода на новые формы и методы проектирования и строительства ИЖЗ, поскольку новые строительные технологии, стремительно развиваясь, дают больше оптимальных архитектурных и инженерных решений. Сегодня данные технологии упрощают управление строительными процессами, сокращают расходы и энергозатраты.

Кинетические фасады. Приспособление индивидуальных зданий к защите от прямых солнечных лучей состоит в использовании солнцезащитных устройств, панелей и вентилируемых фасадов. Сегодня одна из современных тенденций архитектуры является технология кинетических фасадов, где фасад формируется из металлических или деревянных элементов. Кинетические фасады дома могут иметь разные формы и материалы [175].

Одним из наиболее известных примеров эти фасадов являются башни Al Bahar в Абу-Даби (ОАЭ). Спроектированный архитектурным бюро «Aedas Architects» в 2012 году. Панели фасада открываются и закрываются в зависимости от движения солнца, защищая здание от жары и бликов, в результате это позволило снизить перегрев внутренних помещений на 50%, уменьшить потребность энергии кондиционирования, вентиляции и понизить температуры внутри здания. Эти панели вдохновлены традиционными исламскими приёмами затенения машрабия.

Другой известнейший проект – *Kiefer Technic* в Австрии (2007), где фасад состоит из 112 алюминиевых плиток и стоек, которые трансформируются и меняют положение в течение дня [38, с. 40]. Фасад можно контролировать, создавая оптимальные условия затенения от солнца (Рисунок 17).



Рисунок 17. Кинетический фасад здания Kiefer Technic (архитектурная студия Ernst Giselbrecht + Partner) (Австрия): а–д) варианты трансформации фасада [40]

Для сохранения комфортных условий внутри жилых помещений в жарком климате ИЖЗ должны иметь свойство адаптации на изменения климатических параметров в зависимости от времени суток и времени года, и индивидуальных требований пользователей дома. Например, в вилле «Hive», спроектированной архитектурным бюро «Openideas Architects» в 2019 году, проемы фасада имеют механизмы которые открываются и закрываются в зависимости от движения солнца, чтобы контролировать солнечные лучи для создания оптимального теплового комфорта внутри дома (см. таблица 2. 17).

Применение кинетических технологий фасадов способствует оптимальной адаптации индивидуального жилища к жарким климатическим условиям. Сегодня кинетические технологии фасадов являются перспективным и эффективным

подходом для развития архитектуры в городах Сахары. С другой стороны, высокая стоимость активных систем является основным недостатком для интеграции этих систем в ИЖЗ Сахары, где большинство населения не может оплатить эти дорогостоящие расходы и другие дополнительные расходы на техническое обслуживание.

Технология 3D-строительных принтеров. В настоящее время одной из инноваций в архитектурном строительстве является технология 3D-строительных принтеров, которая считается самой быстрорастущей и перспективной технологией в малоэтажном строительстве. Следовательно, 3D-строительная технология имеет большие возможности для реализации жилищных проектов. Эта технология была обусловлена спросом строительной отрасли на быстрый и экономичный способ возведения здания [192, с. 1].

Главными преимуществами 3D-строительных принтеров являются их технико-экономические показатели в результате снижения затрат, связанных с проектированием и минимизацией отходов, минимизацией использования физического труда до 70% [177, с. 15]. Экономические преимущества применения 3D-принтера в ИЖЗ строительстве подтверждены в разных исследованиях, где была рассчитана стоимость строительства здания тремя различными способами [13, с. 74].

Наряду с этим, 3D-строительные принтеры позволяют создавать различные сложные архитектурные формы и конструкции за минимальное время. Принцип 3D-строительных принтеров заключается в выдавливании слой за слоем специальной смеси на основе бетона и других строительных материалов по заданной трехмерной компьютерной модели объекта⁶¹. В настоящее время существует три основные системы 3D-строительных принтеров:

1. Системы на базе роботов-манипуляторов;

⁶¹ Более подробно о принципе работы 3D-строительных принтеров рассмотрены в статье: Benyoucef Y. M. 3D printing technology: A sustainable strategy toward a contemporary earthen building design / Benyoucef Y. M., Razin A. D. // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Т. 2559. – №. 1. – С. 040013.

2. Портальная система (XYZ-принтеры);
3. Дельта-система.

Одним из ярких примеров 3D- строительных принтеров является Crane WASP, который представляет собой модульную систему совместной 3D-печати. Он состоит из основного блока принтера, который может быть собран в различных конфигурациях в зависимости от формы и плана проекта [99]. Площадь печати одиночного модуля составляет 6,60 метра в диаметре при высоте 3 метра [99]. Единый модуль может работать автономно, печатая смесями разных типов: цемент, био-цемент, глинобитные смеси.

В настоящее время ведущими странами по развитию 3D-строительных технологий являются Германия, Италия, Китай, Нидерланды, Россия, США и Япония. В мировой практике реализованы различные архитектурные проекты на основе технологии 3D-строительных принтеров на базе цементных и глинобитных материалов (см. таблица 2. 18). Эти проекты расположены в разных странах, таких как Италия, Испания, Катар, Китай, Мексика, Нидерланды, и США.

В целом, сегодня ведутся различные исследования и разработки по приложениям для жилой архитектуры с технологиями 3D-принтеров. Строительство здания с помощью 3D-принтеров имеет две формы (Рисунок 18):

- строительство здания полностью на месте;
- строительство здания из сборных деталей (печатных деталей).

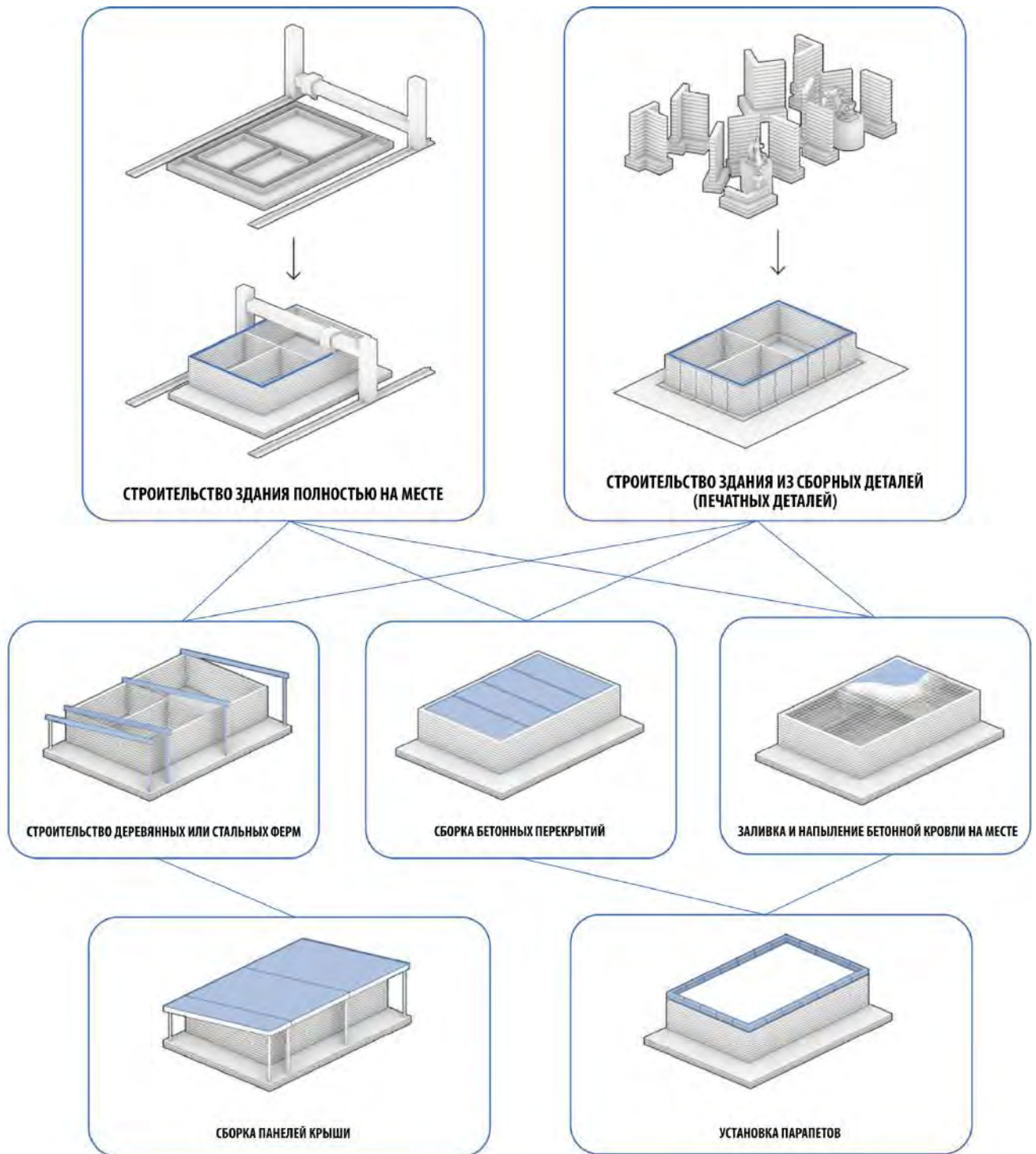


Рисунок 18. Иллюстрация процесса строительства зданий с помощью 3D-печати.

Анализ мирового опыта необходим для подведения итогов достижений и формулирования проблем, препятствующих развитию 3D-технологий при строительстве ИЖЗ в городах Сахары. Следующие проекты жилых домов выполнены на основе бетона или глинобитной смеси разных видов и системы 3D принтеров (Таблица 10).

Таблица 10

Сравнительный анализ мирового опыта по строительству архитектурных проектов на основе технологии 3D-принтеров

Названия проекта	Благотворительные дома	Резиденция «The East 17th Street»	Дом «Mighty»	Земляной дом «GAIA»	Экологический Дом «TECLA»	Дом «TOVA»
Расположения	Табаско, Мексика	Остин, Техас, США	Южная Калифорния, США	Масса-Ломбарда Италия	Болонья, Италия	Барселона, Испания
Разработчик	ICON, New Story	Logan Architecture, ICON	EYRC	WASP	WASP	IAAC, WASP
Год постройки	2018 г.	2021 г.	2022 г.	2018 г.	2021 г.	2022 г.
Системы 3D-принтеров	Портальная система (XYZ-принтеры)			Дельта-система		
Площадь дома (кв. м)	46	70	159	30	170	н/д
Срок строительства	24 часа	7 недель	4-6 недель	10 день	200 часов	7 недель
Строительная бригада (чел.)	3-5	4-7	3-4	2-3	3-4	3-5
Цена	4000 \$	н/д	н/д	900 \$	н/д	н/д
Строительные Материалы	Цементные смеси, фибры и добавок			Глинобитные смеси (глины, ила и песка), фибры и добавок (измельченной рисовой соломы, рисовой шелухи и гидравлической извести)		
Ширина стены (см)	30-40	35	10-20	40	40	40
Количество, толщина слоя (мм)	220 слоев по 14	250 слоев по 14	230 слоев по 12	260 слоев по 12	н/д	н/д

Основными материалами для 3D-печати являются бетон или фибробетон. Однако, следует отметить, что эти материалы используются в виде смеси из мелкозернистого заполнителя (до 4 мм), микрофибры, противоусадочных химических добавок, минеральных добавок и регуляторов схватывания. Как

правило, тяжелые бетоны имеют прочность при сжатии 25-50 МПа и среднюю плотность 2200 кг/ куб. м [20, с. 872]. Что касается арматуры, 3D-печатные здания включают в свою конструкцию некоторые формы арматуры, такие как арматура, стержни с пост-натяжением, армирование волокном и сеткой, что необходимо для повышения прочности различных стен здания. Армирование можно разделить на три уровня (Рисунок 19):

- микро-масштаб (короткое волокно);
- микро-масштаб (между слоями);
- крупный-масштаб (стена).

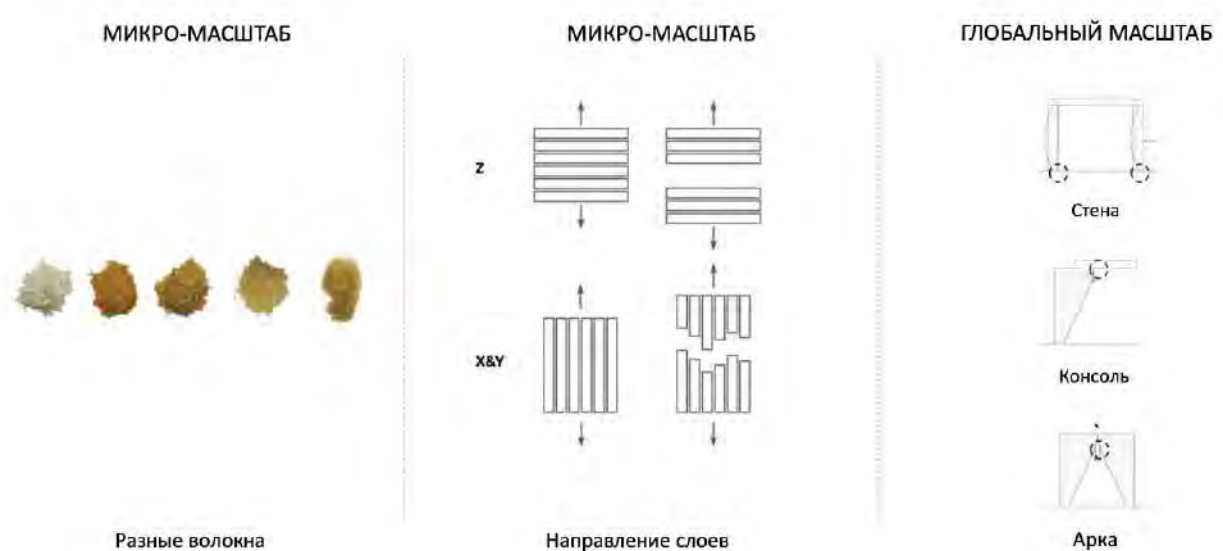


Рисунок 19. Уровни армирования различных элементов здания [133].

Анализ современных проектов явно показывает преимущества 3D-принтеров (относительно низкая стоимость, экологичность и скорость строительства) перед традиционными способами строительства. Хотя при применении этой технологии имеются некоторые недостатки, среди них:

- Ограничения применения 3D-принтера для массовой застройки из-за отсутствия нормативной базы.
- Требуются большие производственные площади и высококвалифицированный обслуживающий персонал.
- Технологии имеют сложные процессы изготовления опалубки.

- Тяжёлые архитектурные требования по отделке (неровная вертикальная поверхность стены).
- Тяжёлые конструктивные требования (низкая прочность между слоями стены),
- Ограничения зданий по высот.

Несмотря на недостатки технологии строительных 3D-принтеров и низкий уровень развития строительного сектора городов Сахары, использование строительных 3D-принтеров можно считать перспективным, поскольку эти технологии значительно упрощают производственные процессы, легко контролируются, сокращают общие расходы и открывают новые возможности для развития жилой архитектуры городов Сахары. Данную технологию 3D-строительных принтеров рекомендуется использовать при строительстве отдельно стоящих домов, используя сборные глинобитные стены, которые можно собрать за несколько дней.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. При планировочной организации застройки ИЖЗ необходимо учитывать плотность населения, требования транспортной и пешеходной доступности, размещение зеленых насаждений, детских и спортивных площадок. Для улучшения городского пространства и экологического состояния жилой среды оптимальная плотность населения застройки индивидуальных жилых зданий должна составлять от 250 до 350 чел./га.

2. При проектировании индивидуальных жилых зданий следует отдавать приоритеты архитектурно-планировочным решениям с признаками функционально-планировочной рациональности, гибкости пространственной организации с возможностью трансформации пространств, с использованием открытого пространства как наиболее эффективных при проектировании. Преимущества ИЖЗ – в возможности применять индивидуальные решения,

обеспечивая при этом высокий уровень комфорта проживания в условиях городов Сахары.

3. При проектировании и строительстве жилых зданий в условиях жарко-сухого климата, в первую очередь, следует учитывать соблюдение мер по обеспечению теплового комфорта и энергоэффективности ИЖЗ, применяя активные и пассивные инженерные решения. Констатируется, что наиболее перспективным, с точки зрения новых строительных технологий, является использование 3D-печати, что дает преимущества и возможности для повышения качества строительства новых домов с минимальными затратами энергии, финансов и сокращением сроков строительства в городах Сахары.

4. Мировой опыт использования глинобитных материалов в качестве природных строительных материалов подтвердил его полезный потенциал и выявил перспективы развития глинобитного строительства с использованием технологических инноваций.

ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ПУСТЫНЕ САХАРА

В настоящей главе представлены разработанные в ходе проведенного исследования принципы развития архитектуры современных индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) и рекомендации по архитектурно-планировочным решениям, необходимые для совершенствования архитектуры индивидуальных жилых зданий городов Сахары. Исследование отечественного и зарубежного опыта проектирования выявило важную составляющую роль местных условий в формировании и развитии архитектуры ИЖЗ в городах Сахары, а именно:

- климатические особенности Сахары;
- культурные и социально-исторические особенности;
- региональные особенности инфраструктуры Сахары.

Качество архитектуры ИЖЗ в странах Сахары остается достаточно низким, что вызвано невозможностью использовать преимущества новых стандартов и норм индивидуального жилья. Установлено, что большинство проблем проектирования и строительства ИЖЗ связано с несоответствием индивидуальных жилых домов современным строительным нормам, социокультурным особенностям и климатическим условиям Сахары, поэтому необходимо проектировать и строить ИЖЗ, учитывая современные нормы проектирования, национальные особенности и бытовой уклад населения Сахары.

3.1 Принципы формирования современных индивидуальных жилых зданий в пустыне Сахара

В современной практике нет достаточно определенных, научно обоснованных выводов о том, какие основные принципы следует применять при проектировании и строительстве индивидуального жилья в условиях городской застройки пустыни Сахара. Исследование принципов формирования современных

индивидуальных жилых зданий включает анализ взаимосвязанных направлений и подходов: градостроительных, типологических, климатических, социально-культурных, экономических, технических и экологических [146].

На основании диссертационного исследования, проведённого автором, были определены и сформулированы пять основных принципов дальнейшего развития архитектуры ИЖЗ и их различные атрибуты в условиях городской застройки пустыни Сахара (см. таблица 3. 1):

3.1.1) принцип адаптивности ИЖЗ;

3.1.2) принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ;

3.1.3) принцип трансформации и рациональной функциональной организации;

3.1.4) принцип экологической безопасности и «устойчивости»;

3.1.5) принцип эффективного использования современных технологий.

3.1.1 Принцип адаптивности ИЖЗ

Данный основополагающий принцип подразумевает следующее: формирование современного ИЖЗ соответствует жарко-сухим климатическим, ландшафтным и городским условиям пустыни Сахара; обеспечение климатической, ландшафтной адаптивности включает в себя комплекс мер по созданию комфортного микроклимата и связь с городской средой.

При проектировании ИЖЗ этот принцип обеспечивается путем использования пассивных климатических систем (внутренний двор, лоджии, оптимальная ориентация, солнцезащитные устройства, малкаф, машрабия; зеленые, массивные или вентилируемые кровли и фасады); использования дворов замкнутого типа для охлаждения конвекцией; озелененных пространств внутри дома для обеспечения освещенности и естественной вентиляции (Рисунок 20). Следует подчеркнуть, что ИЖЗ должно быть связано с окружающей застройкой (этажность, плотность застройки) и обеспечено социальной, инженерной и транспортной инфраструктурой. Более того, принцип адаптивности также

включает в себя выбор строительных материалов, отвечающих требованиям условий среды Сахары.

Выявлена необходимость использования летнего пространства (ЛП), куда входят веранда, двор, лоджии, террасы, различной формы балконы и летние помещения другого вида: открытые, закрытые галереи или трансформируемые помещения (в зависимости от климатического сезона). Все они предназначены для создания комфортного микроклимата и осуществления взаимосвязи между внутренним и внешним пространством. Площадь ЛП для городских индивидуальных жилищ действующими нормами не ограничивается. В целом они могут занимать от 10 до 35 % общей площади дома.

При проектировании генплана интеграции жилой застройки (блокированные дома, отдельно стоящие дома) необходимо учитывать рельеф местности, ориентацию улиц, преобладающий ветер, высоту застройки; обеспечить максимально возможную плотность застройки, озеленение, дающее густую тень (горизонтальное и вертикальное озеленение) для создания микроклимата и фильтрации воздуха, а также размещение малых архитектурных форм (беседки, галереи, навесы), которые создают условия для затенения от солнца; учитывать организацию небольших общественных площадей внутри жилого квартала для местных жителей.

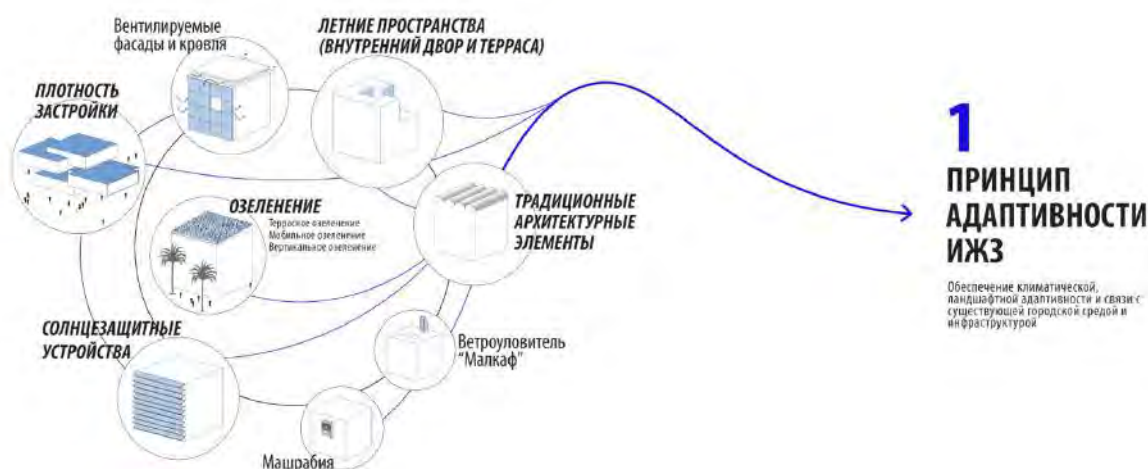


Рисунок 20. Принцип адаптивности ИЖЗ (схема автора).

3.1.2 Принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ

Основные требования к структуре жилища формирует семья, ее функции и образ жизни. Следовательно, данный принцип связан с удовлетворением индивидуальных потребностей жителей городов Сахары, с учётом особенностей бытового уклада, региональных традиций и социального статуса (Рисунок 21). Это может быть достигнуто выбором гибких функциональных и планировочных решений. Большая часть населения пустыни Сахара (98%) - мусульмане, поэтому необходимо учитывать некоторые важные факторы: приватность (*индивидуальность*) и гостеприимство.

Приватность ИЖЗ включает четыре основных уровня – приватность между соседними домами; приватность между мужчинами и женщинами; приватность между членами семьи в доме; индивидуальная приватность. При проектировании следует соблюдать приватное зонирование: отделять семейную зону от гостевой зоны. Мужская гостевая зона обычно соединяется с главным входом или с верандой и включает собственный санитарный узел. Эта зона имеет большую площадь по сравнению с другими, так как используется как пространство для семейных торжеств.

Приватность также включает в себя разделение общественного и частного пространства через создание зеленой зоны, отделяющей улицу от дома и уменьшающей, в том числе, уличные шумы. Большая часть площадей оконных проемов должна быть направлена на внутренний дворик или веранду; также требуется использовать систему машрабия для окон с видом на улицу. Следует отметить, что семейное пространство является важнейшей частью дома, которое может использоваться женщинами как гостевое, как место сбора всей семьи. Следовательно, площадь этого помещения должна быть на 20% больше по сравнению с другими комнатами и выходить во двор, где в ночное время становится дополнительным пространством для семейного отдыха.

Кроме того, приватность принимает две формы: визуальную и акустическую,

а поддержание акустической приватности является важным критерием, особенно между мужской гостевой зоной и семейной зоной [189]. Эти характеристики соответствуют социальной организации, в которой близость членов семьи выражается замкнутым характером их жилища. Определены три основные зоны в пространственной организации ИЖЗ:

- зона гостеприимства: гости мужского пола;
- зона гостеприимства: гости женского пола;
- семейные зоны гостеприимства: семейные пространства.

Среди функциональных характеристик, связанных с традицией, выделяют наличие помещений для животных, которые были в традиционных домах и остаются нередко в современном доме. В большинстве городов Сахары местным жителям разрешают держать в доме скот (козы, овцы, куры и кролики), если для этого есть необходимые условия. Эти помещения могут отличаться по площади, а также по требованиям (в зависимости от семьи). В большинстве случаев рекомендуется располагать помещения для животных в задней части дома, рядом с внутренним двором.

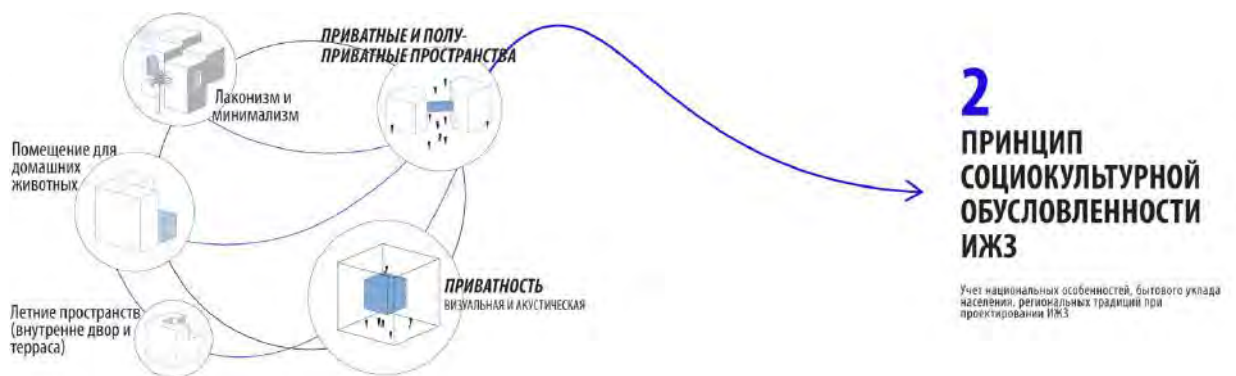


Рисунок 21. Принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ (схема автора).

3.1.3 Принцип трансформации и рациональной функциональной организации (принцип гибкой планировки)

Одной из важнейших задач эффективного проектирования ИЖЗ в современных условиях является устойчивое проектирование, которое

предполагает моральную и материальную долговечность жилых зданий, возможность их трансформации во времени и функциональную гибкость. Данный принцип подразумевает следующее: жилой дом должен иметь свойство гибкости планировочных решений, рациональность функциональной организации с перспективой «роста дома» и возможность трансформации (реконструкция или добавление новых помещений) при увеличении состава семьи и изменений потребностей жильцов дома. Кроме этого иметь способность адаптировать помещения дома к климатическим изменениям, что позволит снизить строительные затраты и повысить гибкость пространственной организации. Трансформация объемно-планировочной структуры ИЖЗ может быть кратковременной, долговременной или сезонной [10, с. 112].

Предложены наиболее распространенные приёмы формирования трансформируемых пространств ИЖЗ (Рисунок 22):

Многофункциональные пространства. Многофункциональность представляет собой важную особенность ИЖЗ в городах Сахары, где одно помещение имеет несколько предназначений (гостевая комната, спальня и столовая). Подобное пространство позволяет интегрировать различные функциональные процессы и совмещать в едином пространстве его жилые и нежилые функции путем использования открытых пространств и адаптивных объектов, а также разделение пространства легкими и мобильными стенами и дверьми раздвижного типа. Это позволяет осуществлять реорганизацию жилого пространства и использовать его для разных функций.

Пространственное расширение (растущее жилище) включает в себя изменения и добавления площадей (за счет помещений жилого дома с временной функцией – веранды, двор, террасы). Расширение площади внутреннего пространства жилья, может быть по вертикали (увеличение этажности дома) или по горизонтали (за счет увеличения или уменьшения площади жилого дома и изменения планировки).

Сезонность. В городах Сахары климатические сезоны играют важную роль в формировании архитектуры и пространства ИЖЗ, поэтому трансформация внутренних жилых пространств зависит не только от социального фактора и потребностей семьи, но также от климатических условий. Внутреннее пространство должно быть адаптировано к изменениям климатических сезонов и времени года. В жарко-сухом регионе пространство индивидуального жилища может иметь ряд конфигураций, в зависимости от сезона предполагают пространство, разграниченное легкой мобильной мебелью, мобильными стенами, дверьми раздвижного типа или трансформирующимися перегородками.

Приспособление внутренних помещений ИЖЗ к изменяющимся потребностям семьи носит кратковременный или долговременный характер, что важно учитывать уже при выборе конструктивной системы, материалов и инженерных систем. Необходимо обеспечивать прочность всех несущих конструкций ИЖЗ, предусматривать наличие закладных деталей и элементов, упрощающих увеличение жилой площади при расширении внутреннего пространства жилья по вертикали.

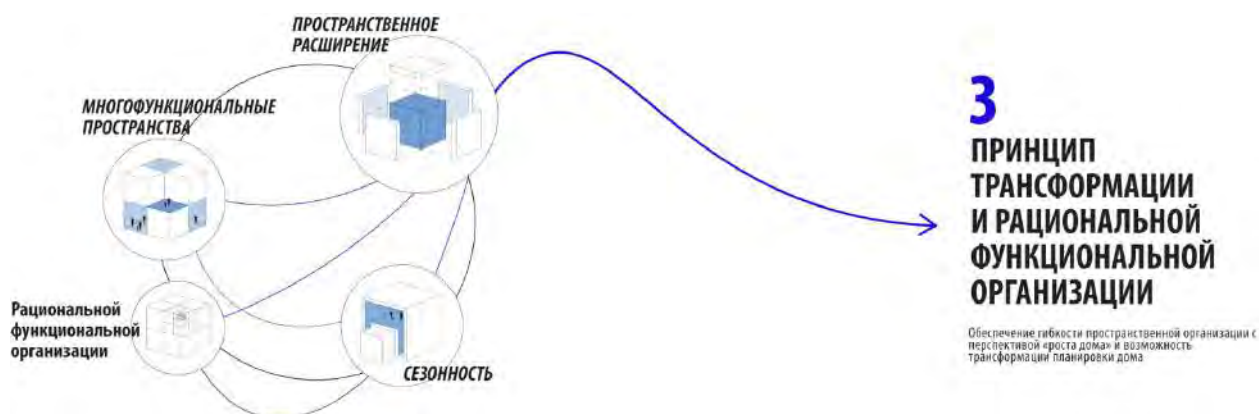


Рисунок 22. Принцип трансформации и рациональной функциональной организации (схема автора).

3.1.4 Принцип экологической безопасности и «устойчивости»

Для повышения качества ИЖЗ требуется учет ряда аспектов: от использования местных ресурсов до эффективности строительных материалов. Целью является

снижение негативного воздействия на жилые здания в процессе строительства и эксплуатации. Следует выделить три аспекта данного принципа (Рисунок 23).

Во-первых, при выборе строительного материала отдавать предпочтение природным местным материалам (глинобитные материалы) и перерабатываемым строительным материалам. Такой подход имеет ряд значительных преимуществ, с точки зрения повышения устойчивости жилья, экологической безопасности, энергопотребления и минимизации бюджета проекта. Современная архитектура ИЖЗ, использующая глинобитные материалы, сегодня развивается на основе новой строительной техники и технологии. В условиях городов Сахары, во-первых, предложено использовать глинобитные материалы как конструктивные элементы ИЖЗ, метод утрамбованной земли; для возведения внутренних и наружных стен; и в качестве отделочных материалов для стен ИЖЗ.

Во-вторых, необходимо использовать альтернативные источники энергии с учетом региональных особенностей Сахары: например, использовать для выработки электроэнергии солнечные фотоэлектрические панели, установленные на крыше или фасаде для повышения энергоэффективности.

В-третьих, при эксплуатации жилья следует применять экологические инженерные системы и оборудование, ограничить использование невозобновляемых источников энергии. Инженерные системы должны быть адаптивными, интегрированными и настраиваемыми для удовлетворения меняющихся потребностей жителей Сахары.

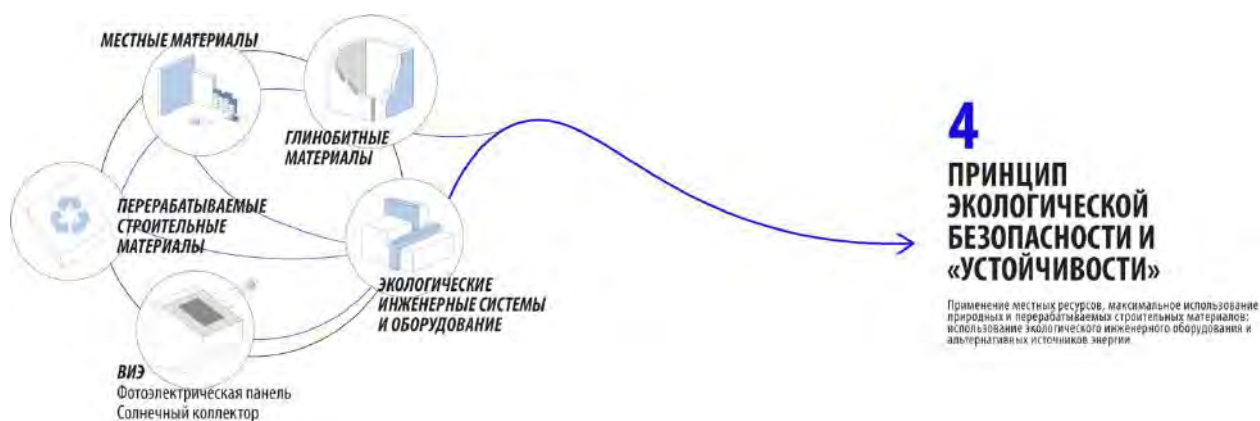


Рисунок 23. Принцип экологической безопасности и «устойчивости» (схема автора).

3.1.5 Принцип эффективного использования современных технологий.

В рамках данного принципа предполагается применение технологий адаптивных кинетических фасадов, BIM-технологий при проектировании ИЖЗ и использование 3D-строительной печати, которые (в зависимости от их экономической доступности) влияют на скорость и стоимость возведения строительного объекта. Данный принцип предполагает также применение системы обработки и рециркуляции воды. Следует учитывать, что 3D-строительный принтер требует достаточной площади для размещения на ней принтера и другого строительного оборудования во время строительства (Рисунок 24).

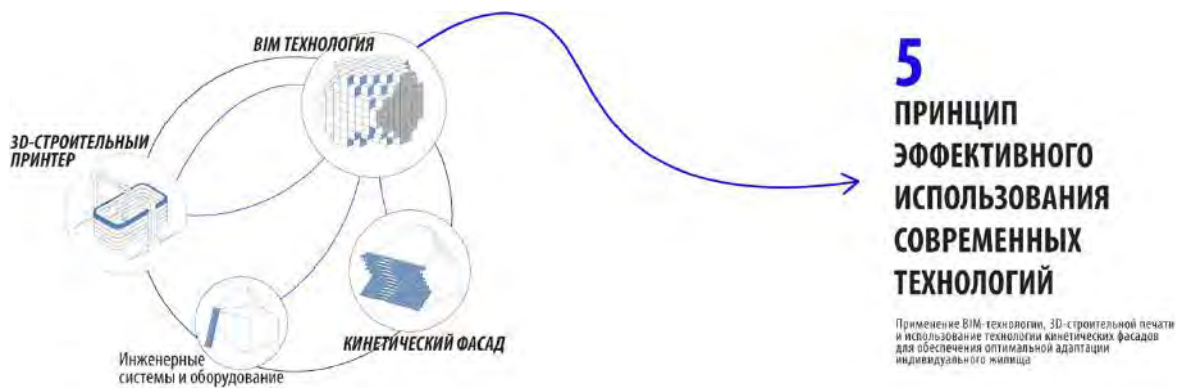


Рисунок 24. Принцип эффективного использования современных технологий (схема автора).

Разработанные принципы могут быть применены в практике проектирования и строительства ИЖЗ в условиях городской застройки пустыни Сахара.

3.2 Предложения по планировочным решениям индивидуальной жилой застройки

Регулирование проектирования и строительства ИЖЗ застройки в городах Сахары недостаточно соответствует современным нормам и правилам. На основе анализа индивидуальной жилой застройки в городах Сахары были выявлены различные недостатки, а именно:

- низкий уровень озеленения и загрязнение городской окружающей среды;
- дефицит детских площадок, малых архитектурных форм отдыха, хозяйственных построек;
- беспорядочная планировка, низкое качество архитектуры, незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов ИЖЗ.

Эти недостатки ухудшают качество жизни в жилых кварталах и не соответствуют градостроительным и архитектурным требованиям современных городов.

Первым этапом адаптации индивидуального жилья к местным жарким условиям является соблюдение планировочных норм [64, 98]. Качество жилой среды в значительной степени зависит от соблюдения стандартов и архитектурных и планировочных норм, однако жилая городская среда не ограничивается только жилым зданием, она также включает инженерную и транспортную инфраструктуру, общественные зоны (спортивные площадки, детские площадки, пешеходные дорожки и т. д.), а также зоны специального назначения и другие сооружения.

Жилые зоны ИЖЗ могут состоять из индивидуальной застройки жилых домов разных типов: отдельно стоящих домов (одноквартирных, двухквартирных) или блокированных домов (однорядных, двухрядных или кластерных), и могут включать объекты торгового, коммунально-бытового назначения, а также социального, культурно-бытового и иных видов обслуживания [278].

Основными критериями качества жилых кварталов и районов являются их функционально-планировочная организация и композиционное решение. В большинстве стран Сахары отсутствует свод актуальных правил и норм по проектированию ИЖЗ и застройки. На базе анализа мировой практики по изложенной проблеме определены различные планировочные решения индивидуальной жилой застройки для условий городов Сахары. В исследовании приняты некоторые международные и российские нормы [269, 273, 275, 279], наиболее соответствующие климатическим условиям Сахары.

Плотность населения в жилой застройке. В городах Сахары отмечается нарушение норм по плотности населения, где она превышает установленные нормы. Данная ситуация считается недопустимой, с точки зрения планировки, санитарно-гигиенических и экологических условий. Согласно современным нормам плотность населения в условиях городской малоэтажной жилой застройки не должна превышать 500 чел./га [34]. В связи с этим была разработана рекомендуемая плотность населения для застройки городов Сахары:

- минимальная плотность: 150-250 чел./га.- для пригородных районов;
- оптимальная плотность: 250-350 чел./га.- для новой застройки ИЖЗ;
- максимальная плотность: 350-450 чел./га.- для центральных перенаселенных зон застройки.

Солнцезащитные средства и устройства в индивидуальной жилой застройке. В условиях жарко-сухого климата одно из обязательных требований к жилой застройке является обеспечение солнцезащитными средствами и устройствами. Для поддержки комфортного микроклимата необходима оптимизация инсоляции и затенения общих территорий ИЖЗ с помощью озеленения и малых архитектурных форм, создания защищенных от летнего перегрева площадок, пешеходных зон и улиц.

Сегодня в жилой застройке городов Сахары солнцезащитные объекты зачастую не предусматриваются в необходимом объеме. Учитывая этот факт, в

жилой застройке рекомендуется наличие различных солнцезащитных объектов, а именно:

- малые архитектурные формы защиты от перегрева (беседки, перголы, навесы, галереи, и др.);
- объекты для транспортной инфраструктуры (остановочные павильоны).

Среди требований, определенных нормами солнцезащиты городов Сахары для ИЖЗ, важными являются архитектурно-планировочные требования. Оптимальное расположение ИЖЗ относительно сторон света позволяет значительно контролировать температуру внутренних помещений дома и максимально использовать солнечную энергию. Таким образом можно снизить расходы на потребление энергии.

Для обеспечения благоприятного микроклимата наиболее предпочтительными ориентациями главного светового фронта жилого здания является северная и южная стороны [208]. Более длинные стены здания должны быть обращены на север или юг, чтобы здание подвергалось минимальному солнечному воздействию [190]. Однако в условиях высокой плотности допускается использовать другие ориентации при проведении соответствующих солнцезащитных мероприятий.

Размещение зеленых насаждений и организация общественных пространств. В настоящее время наличие зеленых пространств в жилых застройках городов Сахары считается необходимым, поскольку это важно для очистки и охлаждения воздуха, блокировки горячих и пыльных ветров и для обеспечения тени в течение дня, что приводит к более сбалансированным температурам. В жарко-сухом климате, характерном для региона Сахары, защита от перегрева может осуществляться с помощью размещения деревьев и зеленых насаждений, которые должны примыкать к жилым группам и иметь высокую плотность. Также необходима посадка более высоких деревьев в южной части жилой группы или квартале.

На жилой территории посадка тенистых деревьев в соответствующих местах

может изменить направление неблагоприятного ветра. Этот зелёный барьер также действует как фильтр от песка, пыли и помогает при очистке и увлажнении воздуха. Возникновение общественных озеленённых пространств поможет значительно улучшить экологическую среду ИЖЗ, его территории и города.

Практика городов Сахары показывает, что создание централизованных, больших озелененных пространств ИЖЗ в кварталах менее эффективно, чем разделение их на полосы вдоль улиц и пешеходных путей. Это позволяет снизить затраты на содержание участков зеленых насаждений и одновременно защитить фасад жилых домов от перегрева.

При зонировании жилой территории домов необходимо предоставить достаточно места для зеленых насаждений. В соответствии с действующими международными нормами, озеленение площади жилой застройки должно составлять не менее 9 кв. м./ чел. На рельефе с уклоном выше 15 % суммарную площадь зеленых насаждений допускается уменьшать до 3 кв. м./чел.

В жилой застройке должны быть удовлетворены потребности жителей, поэтому рекомендуется наличие следующего оборудования и объектов :

- малые архитектурные формы отдыха (стулья, фонтаны, скамейки);
- детские площадки;
- хозяйственные площадки с навесами (контейнеры для отходов, мусорные баки). Размеры хозяйственных площадок разного назначения должны быть не менее 40 кв. м. (для мусоросборников) на каждую 1000 жителей.
- общественные площади.

Помимо зелёных зон, предназначенных для отдыха и прогулок, в общественном пространстве необходимо выделять достаточную часть для физкультурно-спортивной деятельности. Большинство молодого городского населения Сахары занимается такими видами спорта, как футбол, баскетбол и местные народные игры. Площадки можно размещать в виде прямоугольника размером 15 - 25 м на 25 - 42 м для указанных видов спорта (в зависимости от

плотности населения жилых кварталов). В жилых группах также необходимо иметь игровые площадки для детей, места отдыха взрослого населения и другие площадки специального назначения.

Для общественных и спортивных площадок (футбольное поле, баскетбольная площадка, и др.), рекомендуются отдельные и равномерно распределенные по жилой территории, а не сконцентрированные в одном месте пространства. По периметру площадок (спортивные, хозяйственные) следует предусматривать полосы зеленых насаждений. При разработке генерального плана застройки ИЖЗ для всех классов жилья (элитное, престижное, эконом-класс и социальное) в городах пустыни Сахара необходимо учитывать не только климатические и ландшафтные требования, но также социокультурные аспекты, такие как религиозные праздники и различные национальные торжества, характерные для населения городов Сахары.

Инвалиды и другие маломобильные группы населения.

При проектировании застройки ИЖЗ нужно брать во внимание потребности инвалидов и других маломобильных групп населения через формирование доступной (безбарьерной) городской жилой среды. Для этого необходимо учитывать следующие требования:

- устанавливать пешеходные дорожки и тротуары достаточной ширины, с обустройством доступных подходов к площадкам и местам посадки в общественный транспорт;
- обеспечение безопасных и удобных пересечений транспортных и пешеходных путей;
- обеспечение специально оборудованных рекреационно-коммуникативных устройств и стоянки для инвалидов;

- размещение специальных ИЖЗ⁶² для инвалидов целесообразно вблизи объектов, наиболее посещаемых инвалидами.

Стоянки. В городах Сахары возрастает потребность в наличии парковочных мест для машин, поскольку на одного жителя иногда приходится более одного автомобиля. Каждому дому рекомендуется выделять отдельную стоянку, а также место для отдельной гостевой стоянки. Следует отметить, что через каждые 4 - 8 машина-места необходимо размещать островки с озеленением. На парковке, по возможности, рекомендуется иметь навес для защиты от солнца (стационарные или мобильные), особенно летом, когда температура может достигать более 40 С.

Городские альтернативные источники энергии. На территории жилой застройки могут быть размещены стационарные и мобильные вертикальные и горизонтальные солнечные панели и ветроэнергетическая установка для общего освещения квартала. При выборе альтернативных источников энергии необходимо учитывать не только их эффективность, но и трудности, связанные с производством, стоимостью и доступностью, которые зависят от региона Сахары.

Проезды и форма застройки. Жилая застройка должна иметь иерархию проездов и проходов, пешеходных и велосипедных дорожек, а также общественного транспорта. Проезды должны проектироваться таким образом, чтобы обслуживать несколько видов транспорта (ширина проезда - не менее 11 м., а прохода - не менее 2 м.); на них могут быть перголы или посадки деревьев. При проектировании ИЖЗ также рекомендуется создание частных палисадников для контроля придомовой территории, снижения шума улиц и повышения приватности дома.

Улицы являются источником шума и загрязнения окружающей среды, поэтому необходимо отделить от них жилую среду. Соответственно, в городах ИЖЗ не должны располагаться вдоль шоссе и главных городских улиц или

⁶² При проектировании ИЖЗ необходимо учитывать потребности инвалидов, где необходимо устанавливать ширину дверей, вертикальных и горизонтальных коммуникаций, туалетов и другие пространств [275].

изолироваться деревьями деревьями от дорог и жилых районов. Жилые застройки следует располагать с отступом не менее 10 метров от красных линий магистралей, а от центральных улиц - не менее 4 метров.

Расстояния между блокированными жилыми зданиями, а также между жилыми и общественными зданиями определяются на основе расчетов инсоляции и освещенности (в соответствии с нормами инсоляции региона). Размещение площадок необходимо предусматривать на расстоянии от окон ИЖЗ не менее, м:

детских площадок	20
спортивных площадок (в зависимости от шумовых характеристик*)	30 – 50
площадок для отдыха взрослого населения	15
хозяйственных площадок	50
стоянки автомобилей	20

* Наибольшее значение принимается для футбольных площадок, наименьшее - площадок для баскетбола.

3.3 Рекомендации по архитектурному проектированию современных ИЖЗ в условиях городской застройки пустыни Сахара

На основании проведенного анализа (раздел 1.2, 1.3) и изучения мировой практики проектирования современных индивидуальных жилых зданий был разработан комплекс предложений и рекомендаций. Предложены типологические характеристики ИЖЗ по уровню комфорта, рекомендации по площади и функционально-пространственной организации массовых ИЖЗ, рекомендации по применению современных энергосберегающих технологий, архитектурно-конструктивных и инженерно-технических решений для условий городов Сахары.

3.3.1 Типологические характеристики ИЖЗ по уровню комфорта в городах Сахары

Одним из главных преимуществ ИЖЗ является разнообразие, а также учёт социально-культурных особенностей и индивидуальных пожеланий клиента. По мере развития региона типология ИЖЗ городов Сахары претерпевает изменения.

Однако для массовых застроек ИЖЗ блокированные жилые дома являются самым распространенным типом жилища.

Проектно-строительная практика в городах Сахары показывает, что ИЖЗ с разным уровнем комфорта пользуются спросом у населения: он определяется степенью достатка семьи. Таким образом, для реализации успешной жилищной политики необходимо принять следующие меры:

- применять разнообразные типы ИЖЗ в зависимости от уровня комфорта, а также архитектурно-планировочной структуры (жилые зоны с различными типами застройки);

- разработать новые стандарты и нормы ИЖЗ для разных категорий, в первую очередь - социального и эконом-класса, согласно климатическим, экономическим условиям и социокультурным требованиям населения Сахары;

- учитывать при проектировании ИЖЗ современные требования, относительно экологической безопасности, энергоэффективности и ресурсосбережения.

В странах Сахары отсутствует классификация индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) по уровню комфорта. В связи с этим, в целях совершенствования нормативных документов по проектированию ИЖЗ в условиях городской застройки, автором разработана классификация ИЖЗ по уровню комфорта для жилья повышенной комфортности и массового жилья. Кроме того, разработаны типологические характеристики категорий ИЖЗ на основе некоторых международных и российских норм [273279], наиболее соответствующих условиям Сахары (Таблицы 11).

Таблица 11

**Классификация ИЖЗ, дифференцированного по уровню комфорта для городов
Сахары**

№/ п/п	Категория жилища по уровню комфорта	Общая характеристика категории	Норма площади жилища в расчете на одного человека, кв. м.	Формула заселения жилища (k)
1	ИЖЗ повышенной комфортности	Элитное Индивидуальные жилые дома с земельным участком (особняки) для семьи с высоким доходом, земельным участком, на котором он расположен более 0,15 га.;	80 и более	$k = n + 3$ и более
2		Престижный (бизнес-класс) Индивидуальные жилые дома (коттеджи, вилла), отдельно стоящие двухквартирные дома и блокированные дома (двухквартирные); земельный участок, на котором расположен дом – 0,10 - 0,15 га, а земельный участок квартир в блокированных домах – 0,05 - 0,10 га.	50-80	$k = n + 3, k = n + 2$
3	Массовые ИЖЗ	Эконом-класс Индивидуальные жилые дома (блокированные одноквартирные или двухквартирные дома). Земельный участок без площади застройки до 200 кв. м; земельный участок с учетом площади застройки 0,03 – 0,06 га.	40-50	$k = n + 1$
4		Социальное Блокированные одноквартирные или двухквартирные дома, проводимые за счет государственных или муниципальных фондов для обеспечения социальной защиты населения с низким доходом. Земельный участок с учетом площади застройки до 300 кв. м	30-40	$k = n$
5	Специализированное	-	-	$k = n - 1$
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> Общее количество жилых комнат в доме (k) и количество проживающих человек (n). Специализированное: сезоннообитаемое жилище; мобильные дома; жилые дома по специальным заданиям и проектам и другие. 				

К домам с повышенным уровнем комфортности (элитное жилище) относятся индивидуальные жилые дома с земельным участком, построенные по индивидуальным проектам. Общая площадь земельного участка может иметь более 0,15 га, а общая площадь жилища - более 500 кв. м. Как правило, общая площадь дома в расчете на одного человека составляет 80 кв. м и более. Высота жилых и подсобных помещений должна быть не менее 3 м, с возможностью наличия двухсветных помещений.

В элитном доме должно быть запланировано не менее двух входов, гаражи-стоянки на 2 машина-места и более, а также наличие более двух санузлов. В домах данной категории предусматриваются дополнительные помещения, например: мастерская, кабинет, кладовка, хаммам⁶³, бассейн, спортивный зал, тренажерная, домашний кинотеатр и другие, в том числе помещения для обслуживающего персонала.

Основными и обязательными требованиями являются: расположение дома в тихих или пригородных районах города; высокое качество стилевого решения архитектуры здания, интерьеров и использование экологических строительных материалов. Необходимо предусматривать различное инженерное оборудование жилых зданий, в том числе водоснабжение, вентиляцию, канализацию, кондиционирование и электроснабжение, а также отопление (Таблицы 12). Кроме того элитные дома должны быть оборудованы интеллектуальной системой «Умный дом», другими системами сигнализации и связи, а также информационными системами [34].

Дома повышенной комфортности (престижное жилище) – индивидуальные жилые дома с земельным участком (коттеджи, виллы), отдельно стоящие двухквартирные дома и блокированные дома (двухквартирные). Площадь земельного участка составляет 0,10 - 0,15 га, а земельный участок квартир в

⁶³ Хаммам (араб. حمام) – название бань в арабских странах, Турции, Иране, и других странах Востока. Бани могут различаться, включая марокканскую, турецкую баню и др. Арабская баня обычно состоит из трех частей: холодной, умеренной и горячей. В эстетическом аспекте большинство арабских ванных комнат украшено фресками.

блокированных домах – 0,05 - 0,10 га. Общая площадь жилища - от 350 до 500 кв. м. Как правило, общая площадь дома в расчете на одного человека составляет 50 - 80 кв. м. Для престижного жилища принят расчетный показатель комфорта: «к» = «п» + «3», «к» = «п» + «2», где «к» - общее количество жилых комнат и «п» - количество проживающих человек. Высота жилых и подсобных помещений должна быть не менее 3-ех м., с возможностью наличия двухсветных помещений. В престижном доме необходимо предусмотреть не менее двух входов, а также гаражи-стоянки на 2 (и более) машина-места. Необходимо наличие более двух санузлов в доме. Наряду с основными помещениями дома или квартиры в данном классе жилища должны быть и дополнительные помещения (мастерская, кабинет, кладовая и другие). Основным обязательным требованием является расположение дома в привилегированных районах города; высокое качество стилевого решения архитектуры жилого здания, интерьеров и применение экологических строительных материалов. Необходимо предусматривать размещения современного инженерного оборудования для жилых зданий, системы сигнализации, связи и информационные системы.

Массовое жилище (эконом-класс) - одноквартирные или двухквартирные дома. Площадь земельного участка, на котором располагается застройка, составляет 0,03 – 0,06 га. При блокированных домах предусматривается земельный участок до 100 кв. м (без площади застройки). Общая площадь дома – 200- 300 кв. м., что в расчете на одного человека составляет от 40 до 50 кв. м. Высота основных помещений – 3 м. В массовом жилище принят расчетный показатель комфорта: «к» = «п» + «1». В доме эконом-класса должны быть дополнительные помещения: гардеробная, мастерская, кладовка и другие. Наряду с основными помещениями - наличие двух санузлов (для семейной зоны и гостевой зоны). Следует предусмотреть гараж или стоянку на 1-2 машина-места, которые должны располагаться вблизи дома. Необходим также полный набор инженерного оборудования: водоснабжение, вентиляция, канализация, кондиционирование, а

также электроснабжение, системы сигнализации и связи, информационные системы.

Массовое жилище (социальное) – блокированные дома, предназначенные для обеспечения социальной защиты населения с низким и средним доходом. Данная категория жилища финансируется за счет государственных, муниципальных либо благотворительных инвестиций. Под массовое жилище необходимо выделение земельного участка до 300 кв. м. с учетом площади застройки. Общая площадь дома или квартиры в расчете на одного человека составляет от 30 до 40 кв. м. Высота жилых и подсобных помещений должна быть не менее 3 м. Дома данной категории должны включать в качестве необходимого минимума следующие помещения: гостиную, кухню или кухню-столовую, спальню, ванную комнату или душевую и туалет. Состав и количество помещений определяется по формуле: «к» = «п». Требуется также обязательный минимум инженерного оборудования жилых зданий: водоснабжение, вентиляцию, канализацию и электроснабжение. Более того, строительные материалы, конструкции ИЖЗ, должны отвечать требованиям энергоэффективности, экологической безопасности, ресурсосбережению и экономичности (Таблицы 13).

Для массового жилища должны быть предусмотрены и блокированные типы дома, так как блокировка может быть осуществлена разными способами. Наиболее распространенный вариант, когда жилые дома блокируются друг с другом боковыми стенами, где квартиры могут иметь одностороннюю или двустороннюю ориентацию и проветривание. Количество блоков в блокированных домах зависит от различных условий (размер и площадь участка, ориентация, рельеф местности) и в основном включает от 3 до 10 квартир при линейной или сложной блокировке. Однако при большом количестве блоков-квартир в доме с односторонней ориентацией ухудшается их санитарно-гигиеническое качество. В связи с этим в плане следует рассматривать возможность блокировки из Г-образных блоков, возможность формировать полуоткрытые или замкнутые дворики для более эффективной защиты квартир от перегрева и создание частных палисадников, что

способствует снижению шумового воздействия улиц, фильтрации загрязненного воздуха, обеспечивая при этом двустороннюю ориентацию и угловое проветривание.

Сегодня наименьшим спросом пользуется элитное жилье. Для большинства населения стран Сахары большой интерес представляют доступные ИЖЗ эконом-класса или социального класса. В настоящее время возникает необходимость в пересмотре государственной жилищной политики, программ и нормирования: в некоторых странах Сахары существует фонд социального жилья, однако количества распределенного жилья недостаточно из-за небольшого количества распределяемого жилья и растущего населения. Для решения жилищной проблемы городов Сахары необходимо развитие массового жилья, объем которого должен составлять 70 - 80 % от объемов строительства ИЖЗ, что позволит удовлетворить потребности в социальном жилье и обеспечить социальную защиту малоимущих слоев населения. На данные категории жилища необходимо предусматривать получение государственного финансирования и организовывать социальные жилищные фонды.

Таблица 12

Типологические характеристики категорий ИЖЗ по уровню комфорта

Участок, жилое здание, элементы обслуживания и оборудования							
№/ П/ П	Показатель, условие	Характеристика	Категории				
			1	2	3	4	5
1	Наличие земельного участка при доме		+	+	+ -	-	*
2	Плотность населения	150-250 чел./га.	+	+	-	-	*
		250-350 чел./га.	-	+	+	+	
		350-500 чел./га.	-	-	+	+	
3	Площадь дома, квартиры	500 кв. м и более	+	+ -	-	-	*
		300 - 500 кв. м	-	+	-	-	
		100 - 300 кв. м	-	+ -	+	+	
4	Высота основных помещений	3 м и более	+	+ -	-	-	*
		3 м	+	+	+	+	
5		Мастерская	+	+	+	+ -	*

	Дополнительные жилые и подсобные помещения	Кабинет	+	+	+	-	
		Кладовка	+	+	+	+ -	
		Прачечная-моечная	+	+ -	-	-	
		Помещения для обслуживающего персонала	+	+ -	-	-	
		Хаммам	+	+ -	-	-	
		Бассейн	+	+ -	-	-	
		Спортивный зал	+ -	-	-	-	
6	Входы в жилище	Отдельные	+	+	+	+	*
		Общие	-	-	-	+ -	
		Наличие второго входа	+	+	+ -	+ -	
7	Наличие гаража, автостоянки	На 2 машина-места и более	+	+ -	-	-	*
		на 1 машина-место	-	-	+	+	
8	Наличие более одного санузла		+	+	+	+ -	*
9	Инженерное оборудование	Водоснабжение	+	+	+	+	*
		Вентиляция	+	+	+ -	+ -	
		Канализация	+	+	+	+	
		Кондиционирование	+	+	+ -	-	
		Отопление	+	+ -	+ -	-	
		Электроснабжение	+	+	+	+	
10	Системы автоматического регулирования	Интеллектуальная система «Умный дом»	+	+ -	+ -	-	*
11	Системы связи и сигнализации, информационные системы	Сетевые информационные системы	+	+	+	+ -	*
		Системы видеонаблюдения	+	+ -	+ -	-	
		Спутниковые системы	+	+	+	+ -	
		Телефон	+	+	+	+	
		Охранная сигнализация	+	+ -	-	-	
		Пожарная сигнализация	+	+ -	-	-	

Примечания

1. Поз. 4. Возможно наличие двухсветных помещений в жилище 1-й и 2-й категории
2. Поз. 5. Кладовая, предназначенная для хранения продуктов или одежды, должна иметь глубину не менее 0,6 м.
3. При мастерской может быть кладовая площадью 1 кв.м (для хранения).

3.3.2 Рекомендации по площади и функционально-пространственной организации массовой ИЖЗ.

Проектирование ИЖЗ для массового строительства имеет свою специфику. Функционально-пространственные требования преимущественно связаны с основными потребительскими характеристиками дома (состав, площадь, размеры и взаимосвязь между помещениями). Функциональное зонирование ИЖЗ всегда отражает тип семьи и ее образ жизни.

Функционально-пространственные основы формирования массового ИЖЗ

В настоящее время в городах Сахары многие семьи, состоящие из двух или трех поколений, проживают в одном доме, т.е. обеспечены площадью ниже социальной нормы. Большинство этих семей не могут приобрести дома, соответствующие нормам, из-за низкого уровня их доходов. Площадь ИЖЗ и его функционально-пространственная организация должна быть рассчитана в соответствии с количеством членов семьи, доходом и локальными особенностями, связанными с традициями и культурой, а также возможными будущими изменениями в требованиях со стороны семьи. Данные о структуре населения Сахары по количеству семей и их численному составу являются исходными для определения соответствующего типа ИЖЗ. В каждом случае должны разрабатываться различные типы домов и квартир с разным числом жилых комнат.

В городах Сахары увеличивается спрос на дома площадью более 150 кв.м. Семьи со средним доходом предпочитают дома площадью 100 – 300 кв.м. Площадь жилья и количество спален зависит от численного состава семьи как одного из основных типо-образующих признаков жилой ячейки массового жилища. Таким образом, жилая площадь на одного человека в настоящее время принята как основной показатель при проектировании дома и квартиры. Для жилой городской среды современная норма массового ИЖЗ должна составлять как минимум 30 кв.м./чел. На практике в городах Сахары средняя численность членов семьи,

проживающих в одном доме, варьируется от 4 до 7 человек и более. Рекомендуется использовать средний показатель -5 человек на жилую единицу при определении необходимой площади ИЖЗ массового типа, а также для определения количества комнат.

Автором предложены пространственно-функциональные модели трёх типов ИЖЗ в зависимости от количества членов семьи (см. таблица 3. 2); разработаны рекомендации по минимальному размеру площади дома и помещений (Таблица 13):

- **I тип. Малый ИЖЗ** (семья из 2-х - 4-х человек), дома одноэтажные, рекомендуемая площадь от 120 до 200 кв. м.
- **II тип. Средний ИЖЗ** (семья из 5-ти - 6-ти человек), дома одноэтажные или двухэтажные, рекомендуемая площадь от 200 до 250 кв. м.
- **III тип. Большой ИЖЗ** (семья из 7-ми - 9-ти человек и более), дома с двумя этажами, рекомендуемая площадь от 250 до 300 кв. м.

При проектировании функциональной организации дома должно учитываться соотношение между основными тремя зонами:

- *Зона гостеприимства для лиц мужского пола (15-25% от общей площади):* гостевую зону составляют входной холл или прихожая, гостевая и санитарный узел, а также летние помещения.
- *Зона гостеприимства для лиц женского пола (10-15% от общей площади):* преимущественно её составляют гостевая или общая комната.
- *Семейные пространства (45-70% от общей площади):* семейную зону составляют: коридор или холл, спальня (в том числе детская), кухни и санитарно-гигиенические помещения (ванная или душевая, санузел), а также летние помещения (двор, террасы или лоджии).

Таблица 13

Минимальный размер помещений для массовых типов ИЖЗ

№/ п/п	Название помещений	I тип	II тип	III тип
		Минимальный размер помещений (кв. м)		
1	Прихожая	5	6	10
2	Холл и коридор	6	12	20
3	Гостиная	16	25	2x16
4	Кухня	10	16	18
5	Столовая	-	14	18
6	Спальные комнаты	3x12	4x12	5x16
7	Санитарно-гигиенические помещения (ванная, душевая, туалет)	9	15	20
8	Внутренний двор	25	35	50
9	Гараж	18	20	36
<p>Примечание</p> <ul style="list-style-type: none"> - Кроме указанных помещений, в структуру ИЖЗ могут входить: рабочий кабинет (10 кв.м), мастерская (16 кв.м.), встроенные шкафы и кладовые (4 кв.м), террасы и веранды (16 кв.м). - Поз. 5. наличие столовой не является обязательным требованием; при её наличии она может быть совмещена с другими помещениями- кухней или гостевой. 				

Жилые помещения. В зарубежной практике можно также встретить дома, в которых, помимо гостевой, организуется дополнительная многофункциональная зона как общесемейное помещение, спальня или вторая гостиная. Наличие данного помещения считается необходимым в ИЖЗ и предназначается для больших семей. Таким образом, данная форма зонирования присуща домам, состоящим из более четырех жилых комнат. При этом дополнительная комната чаще всего располагается в передней части дома между гостевой и семейной зонами.

В условиях городов Сахары гостевая комната в домах имеет различное функциональное содержание (встреча гостей, приём пищи и сон), поэтому возможны различные размеры ее площади (от 16-ти до 30-ти кв. м.). Минимальная площадь двухместной жилой комнаты составляет 12 кв. м., а одноместной комнаты - 8 кв.м. Минимальная ширина жилого помещения в комнате для одного человека - 3 м., а для двух человек - 3,5 м. Наиболее удобными, с эстетической и

эргономической точки зрения, являются жилые комнаты, у которых соотношение ширины и длины 1:1 - 1:1,5; при этом для удобства расстановки мебели длина не должна превышать двойной ширины 1: 2.

Кухонные помещения. Площадь кухни в основном зависит от площади дома и численности семьи, поэтому для ИЖЗ размеры кухонных помещений рекомендуется проектировать с учетом их вида (типа):

Кухня-ниша – тип кухни для квартир с малым количеством полезной площади и с минимальным кухонным оборудованием (для однокомнатной квартиры и квартиры-студии). При устройстве кухни-ниши в любом помещении требуется достаточное естественное освещение и вентиляция. Площадь помещения такого типа должна составлять не более 6 кв. м.

Рабочая кухня – изолированное помещение с отдельным входом, который возможен из холла, коридора или столовой (для двухкомнатных квартир и более). Минимальная площадь составляет - 10 кв. м., где ширина помещения - не менее 2.5 м.

Кухня с эпизодическим приемом пищи - самостоятельное помещение с необходимым оборудованием и местом для приема пищи, рассчитанном на всех членов семьи. Площадь должна быть не менее 14 кв. м.

Кухня-столовая – помещение с совмещенной столовой и кухней. Кухня-столовая имеет две полноценные зоны - рабочую и зону приема пищи. Минимальная площадь составляет 16 кв. м., где ширина помещения не менее 3 м.

Санитарно-гигиенические помещения. В ИЖЗ используются четыре типа санитарно-гигиенических помещений: ванная, душевая, уборная и совмещенного типа. Санитарно-гигиенические помещения имеют наиболее индивидуальный характер и требуют условий изоляции. Санитарные узлы, расположенные в семейной зоне, должны проектироваться в виде двух отдельных помещений— ванная/душевая и туалет; в однокомнатной квартире или студии допускается совмещенный санузел. Кроме того, планировка определяется традицией

приватности, когда семейно-индивидуальная зона расположена в глубине дома с проходом в нее через общесемейное помещение. При подобном решении обязательным становится наличие второго санитарного узла при гостевой зоне. Для этой зоны тип совмещенного санитарного узла считается более подходящим, т.к. здесь предусмотрен душ (с душевым поддоном или водоотводным трапом на полу).

Размер данных помещений определяется в зависимости от площади дома, численного состава семьи и наличия оборудования. Минимальные размеры санитарно-гигиенических помещений составляют: для совмещенного санитарного узла - 2,5 x 2,00, для туалета- 0,9 x 1,5 м, ванных комнат - 2,00 x 1,80; при варианте душевая с туалетом - 1,8 x 2,00. Ширина дверей в санитарное помещение должна составлять не менее 0.8 м. Вход из жилых помещений или кухни в санитарно-гигиенические помещения в массовом жилище не допускается

Летние открытые помещения ИЖЗ

Использование летних помещений (ЛП), таких как двор, терраса, веранда или лоджия, считается при проектировании ИЖЗ необходимым для создания комфортного микроклимата и взаимосвязей между внутренним и внешним пространствами. В городах Сахары ЛП служат основной зоной жизнедеятельности семьи в течение всего летнего периода. Двор и лоджии в жарком климате обеспечивают лучшую защиту от солнца, приватность и безопасность (по сравнению с балконами), где балкон в условиях городов Сахары не востребован в силу социокультурных и климатических причин.

Площадь ЛП индивидуального жилища Сахары (двор, террасы, лоджии, и др.) действующими нормами не ограничивается: они могут занимать от 10 до 35 % общей площади дома. Глубина двора и террас должна быть не менее 2 м. Следует отметить, что с увеличением площади ЛП повышается престижность жилья.

Размещения функциональных зон и помещений в массовых типах ИЖЗ

Для размещения функциональных зон и помещений в массовых ИЖЗ рекомендуется их следующее расположение:

- Общая семейная жилая зона — многофункциональная зона, где должны совмещаться бытовые процессы, чаще всего расположена в глубине дома. Семейная зона должна находиться в прямой связи с внутренним двором, который является одним из важнейших частей дома в жарких районах, за исключением зон, предназначенных для приема гостей, зоны личной гигиены и туалета. Наличие двора вблизи семейной зоны делает внутреннее пространство дома более просторным с естественной вентиляцией и освещением, а также создает комфортную семейную атмосферу за счет взаимодействия между закрытым и открытым пространством дома.

- В домах с тремя или четырьмя жилыми комнатами больше возможностей для различных вариантов зонирования и планировки. Однако в небольших домах, предназначенных для проживания маленьких семей, внутренние помещения должны быть удобными для многофункционального использования.

- Гостевая зона размещается во входной части дома и должна быть отделена от семейно-индивидуальной зоны, что считается необходимым для комфортных условий и обеспечения приватности членов семьи.

- Лестница, ведущая на верхний этаж, должна занимать минимум полезного пространства и обязательно располагаться недалеко от главного входа дома.

- Размещать внутренний двор со стороны заднего фасада или с торцевой части.

- Рекомендуется, чтобы в доме предусматривался на первом этаже гараж, мастерская, так как жители могут воспользоваться этим помещением для мелкой торговли или предоставления различных услуг для удовлетворения повседневных потребностей населения жилого района.

Оптимальное расположение зоны и помещений относительно сторон света позволяет учитывать температуру и снизить расходы на потребление энергии. Жилые помещения и зоны должны располагаться в местах с благоприятной

ориентацией. Следовательно, рекомендуется располагать их по следующим частям света:

- жилые помещения дневного пребывания, гостиные, столовые - с северной стороны;
- спальни, детские, кабинет - с северной, восточной или северо-восточной стороны где по вечерам относительно прохладно;
- кухни и санитарно-гигиенические помещения (ванная, душевая, санузел) - с западной стороны или юго-западной;
- хозяйственные помещения (кладовка, гардероб и гараж) - с южной или западной стороны;
- летние помещения дома (веранды, дворы, террасы и лоджии) - с северной или северо-восточной стороны.

Матрица взаимодействия функциональных связей помещений ИЖЗ

Для правильного расположения помещений в индивидуальном доме необходимо составить функциональную схему связей между помещениями. Требования к функциональным связям между планировочными элементами зависят от многих факторов, включая социокультурные, санитарно-гигиенические, и от предпочтений заказчика.

Результатом анализа построения возможных взаимодействий стало создание графика функциональных пространственных связей помещений ИЖЗ (Рисунок 25), где определена степень связи между помещениями ИЖЗ (карта связей).

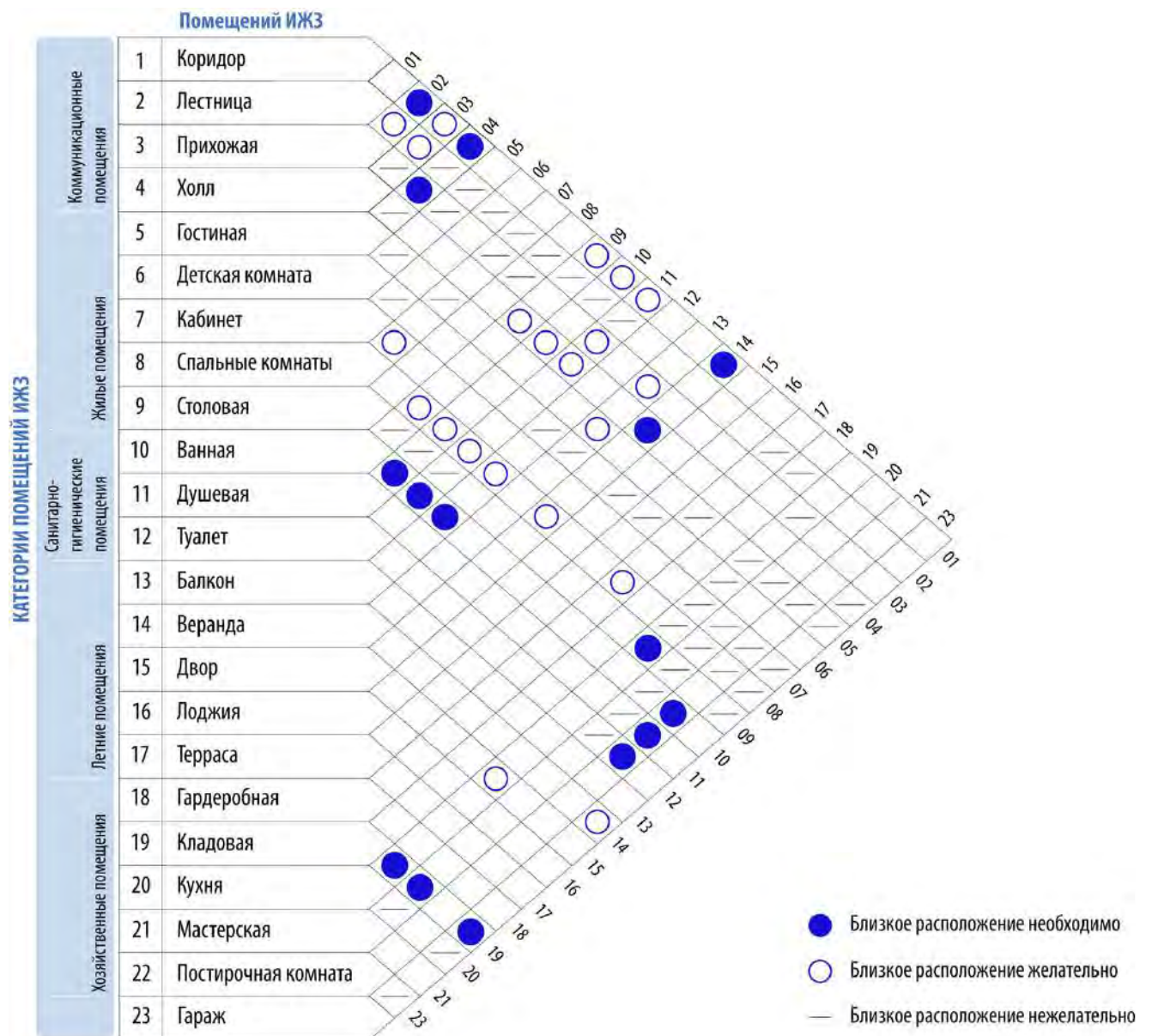


Рисунок 25. Матрица взаимодействия функциональных связей ИЖЗ (схема автора).

Таким образом, предложены площади функционально-пространственной организации, принципы зонирования и размещения помещений массовых ИЖЗ. Разработаны принципы взаимодействия функциональных связей помещений, предложены архитектурно-планировочные решения ИЖЗ для условий городов Сахары.

3.3.3 Рекомендации по применению возобновляемых источников энергии в архитектуре ИЖЗ

Применение современных технологий и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) при проектировании индивидуального жилища является важным компонентом соответствия современным требованиям по энергоэффективности, экологической безопасности и также для повышения качества жилья [25]. При проектировании ИЖЗ предлагается использовать современные энергосберегающие и энергоэффективные технологии для обеспечения комфортного микроклимата и образа жизни. В городах Сахары наличие большого количества солнечной радиации дает возможность использовать солнечную энергию (4000 часов в год / 12 часов в день) [132]. Применение солнечных энергетических систем в ИЖЗ может существенно снизить расходы на энергоснабжение, на отопление и горячее водоснабжение в несколько раз, поскольку они разработаны для районов с высоким уровнем солнечной радиации.

«Солнечный дом» — индивидуальное жилище, основной особенностью которого является малое энергопотребление за счет применения технологии солнечных энергетических систем (СЭС): это солнечный фотоэлектрический элемент (СФЭ) и солнечный коллектор (СК). Следует отметить, что при строительстве «солнечного дома» необходимо применять качественные и эффективные строительные материалы. Более того, для повышения коэффициента полезного использования энергии и энергосберегающих свойств жилого дома необходимо применять соответствующие фасадные конструкции и инженерные системы. Использование солнечной энергии «активными системами» в ИЖЗ городов Сахары в основном можно обеспечить двумя методами:

1. Использование фотоэлементов (СФЭ) для электроснабжения

Использование солнечной энергии для электроснабжения является долговечным и экологически чистым способом, который позволяет снизить нагрузку на городскую электрическую сеть и сократить потери в

электроснабжении. В архитектуре ИЖЗ целесообразнее применять фотоэлектрические системы, поскольку СФЭ более доступны в городах Сахары.

Существуют разные виды СФЭ, которые различаются по конструкции, форме и стоимости. Установка СФЭ включает солнечные панели (фотоэлементы), оборудование для хранения и преобразования энергии – контроллер заряда, аккумуляторы, инвертор. Фотоэлектрические панели могут устанавливаться в любом месте, где есть прямая или рассеянная солнечная радиация: на крыше, на фасаде или на участке рядом с домом, - не нарушая при этом эстетику фасада дома и видов. Существует четыре основных типа солнечных электростанций, где сетевые без-аккумуляторные системы являются наиболее надёжными и экономически эффективными типами для ИЖЗ городов Сахары из-за меньшего количества необходимых компонентов по сравнению с другими солнечными энергосистемами.

При установке данной системы необходимо наличие резервного источника электропитания, в качестве которого, как правило, используют городскую электрическую сеть. При недостатке энергии она потребляется из сети, а при наличии излишков энергия отдается в сеть (система чистого измерения)⁶⁴. Другие СЭС также можно использовать, например: гибридные, соединенные с сетью солнечные системы (с аккумуляторами). Однако данные системы являются более сложными, имеют высокую стоимость и требуют регулярного квалифицированного обслуживания [269].

2. Использование солнечных коллекторов (СК) для нагрева воды

В условиях климата городов Сахары зимний сезон длится 2 – 4 месяца, со средней температурой воздуха 15 С, и энергия, используемая для отопления дома и нагрева воды, занимает значительную часть энергозатрат ИЖЗ. Солнечные

⁶⁴ Система чистого измерения (англ. Net energy metering) – политика в области возобновляемой энергии (ВИЭ), применяемая к владельцам небольших ВИЭ (ветровая, солнечная), использующих концепцию V2G (Vehicle-to-grid). Более того, данная политика является одним из стимулов потребителям использовать ВИЭ, дающие возможность владельцам подключаться к электрической сети.

коллекторы (СК) могут нагревать воду зимой до 70 С, а летом до 90°С, в зависимости от климатических характеристик местности. Таким образом, СК вполне подходят для нагревания воды бытового назначения и отопления в климатических условиях Сахары (Рисунок 26).

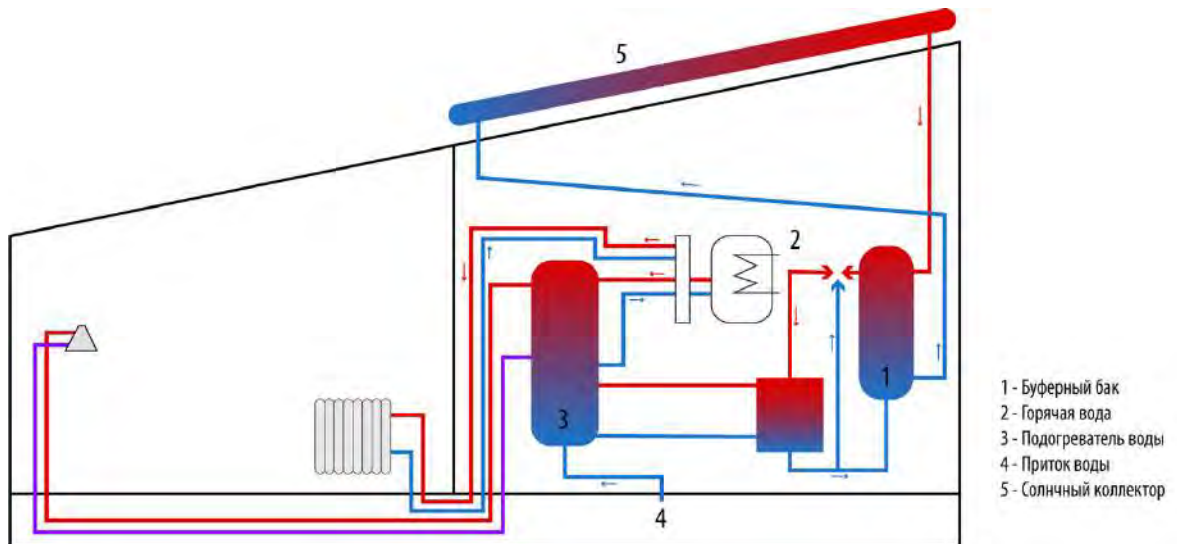


Рисунок 26. Принцип работы солнечного коллектора жилого дома (схема автора).

СК оборудование включает: солнечный коллектор (плоский, трубчатый и вакуумный), буферный бак, насос, теплообменник. Солнечные коллекторы могут устанавливаться на крыше, на фасаде или рядом с домом. Следует отметить, что к установке солнечных коллекторов нужно подходить не только с инженерной точки зрения, но и с архитектурной, поскольку они влияют на внешний вид дома.

Размещение объектов СФЭ и СК в городах Сахары.

Технические аспекты и требования к размещению объектов солнечной энергии может быть разнообразным (Рисунок 27) [95]. В соответствии с требованиями к установкам солнечной системы – СФЭ и СК необходимо обеспечить максимальную степень освещенности солнечных панелей из-за их оптимальной ориентации и углов наклона, а также максимальную продолжительность инсоляции при выборе их расположения [7]. В целом, южное направление является оптимальной ориентацией, поскольку позволяет

максимально использовать инсоляцию с высоким коэффициентом полезного действия.

Для эффективной работы СК или СФЭ следует определить оптимальный угол наклона по отношению к горизонту. При эксплуатации в летний период года минимальное воздействие солнца на солнечные батареи составляет 11 часов (июнь). При этом эффективный угол наклона рабочей поверхности СК и СФЭ к уровню горизонта равен 10° - 23° . В зимний период года минимальное воздействие солнца на солнечные панели составляет 9 часов (декабрь). Эффективный угол наклона рабочей поверхности СК и СФЭ в данный период - 45° - 60° . В случае круглогодичной эксплуатации целесообразно расположение СК и СФЭ под углом 15° - 28° , что обеспечивает максимальную суммарную годовую выработку энергии. С другой стороны, размещение СК максимально близко к точке потребления считается обязательным [271].

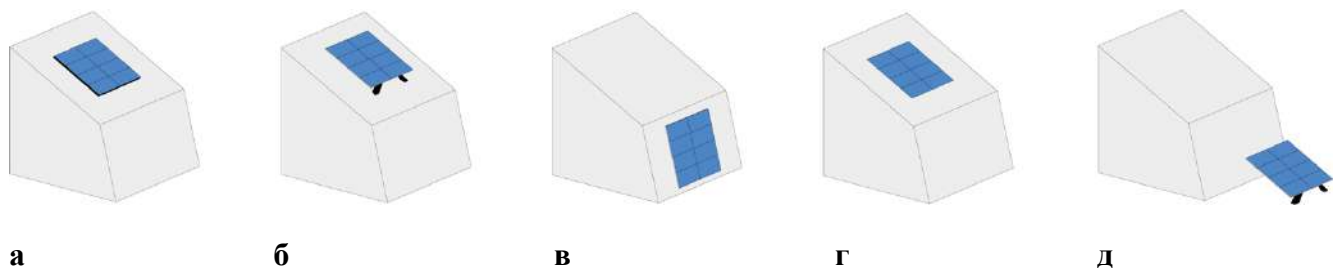


Рисунок 27. Способов интеграции объектов солнечной энергетики в архитектуру ИЖЗ. а– над крышей; б– на зубчатой крыше; в– на фасаде; г– интегрирован в крышу; д– над землей (илл. автора).

При использовании стационарных систем для установки СК или СФЭ, необходимо обеспечить положение, направление и угол наклона в соответствии с оптимальными параметрами размещения солнечных установок, описанных выше (см. круглогодичную эксплуатацию). Однако для повышения эффективности использования СК и СФЭ следует применять трансформируемые системы при их установке на крыше, на фасаде или рядом с домом для контроля степени наклона в разные сезоны года.

3.3.4 Рекомендации по применению архитектурно-конструктивных и инженерно-технических решений.

Для повышения качества и комфорта жилья и использования преимуществ архитектурно-планировочных решений ИЖЗ городов Сахары, необходимо использовать соответствующие архитектурно-конструктивные и инженерно-технические решения.

Рекомендации по обеспечению солнцезащиты и теплоизоляции в условиях городов Сахары

В условиях жарко-сухого климата обязательным считается применение мер для защиты конструкций и помещений от перегрева, особенно в летние месяцы. Для оптимальной солнцезащиты ИЖЗ в климатических условиях городов Сахары, наряду с техническими и архитектурно-планировочными решениями, рекомендуются следующие мероприятия и способы:

- активно использовать различные вертикальные, горизонтальные и комбинированные солнцезащитные устройства (СЗУ) для защиты фасадов и оконных проемов;
- применять инновационные решения фасадов (кинетические или навесные вентилируемые фасадные системы), обеспечивающие солнцезащиту путем использования мобильных элементов, регулируемых в течение суток и сезона;
- применять современные типы машрабия в целях защиты оконных проемов от опосредованных воздействий солнца и улучшения микроклимата внутренних помещений, при этом, улучшая локальный архитектурный стиль и эстетические свойства ИЖЗ, следует отметить, что коэффициент светопропускания машрабия должен составлять 0,4-0,6;
- активно использовать растения как эффективную защиту фасада и крыши от прямых солнечных лучей следующими тремя способами:
 - террасное озеленение: для уменьшения интенсивности прямого солнечного излучения на террасе (с использованием адаптивных под жарко-сухой

климат растений);

- вертикальное озеленение вьющимися по стене или ампельными формами;
- мобильное озеленение (посадки растений в специальные передвижные посадочные ёмкости).
- Наличие деревьев, затеняющих фасады дома.

Применение озеленения во внутренних дворах дома необходимо для уменьшения солнечной инсоляции, что снижает тепловую нагрузку [259, с. 448]. При применении растений в качестве солнцезащитных средств необходимо использование адаптивных растений, соответствующих климатическим условиям Сахары⁶⁵, поскольку не все растения подходят жарко-сухому климату. Следует отметить, что в практике городов Сахары очень редко применяется автоматический полив растений в индивидуальном жилище, что усложняет уход за растениями. Следовательно, для поддержания жизнедеятельности растений и деревьев необходимо использовать системы автоматического полива [257].

Требования к конструктивным солнцезащитным устройствам и порядок их проектирования в условиях пустыни Сахары

Города Сахары имеют высокий годовой приток солнечной радиации (свыше 1600 кВт ч/м. кв), при температуре выше 29°C необходима защита фасадов и помещений от прямого солнечного излучения. В основном, высокий уровень солнечной инсоляции наблюдается летом с 10:00 до 18:00, (с мая до конца сентября). Следственно, использовать наружные конструктивные солнцезащитные устройства (козырьки, жалюзи или экранные устройства разных видов) является обязательным требованием при любой ориентации фасада ИЖЗ [33].

При проектировании солнцезащитных устройств необходимо учитывать различные факторы, влияющие на эффективность СЗУ, включая: аэрационный,

⁶⁵ Эти растения, могут быть использованы в устройстве зеленой кровли: Curve Leaf Yucca, Brittlebush, Creosote Bush, Agave attenuata, Stipa tenuissima, Baileya, Hesperocallis, Xylorhiza tortifolia, Crassula ovata, Tecoma stans, Little Bluestem Schizachyrium, Quince Chaenomeles.

экономический, эргономический, типологический, светотехнический и тепло-технический факторы (см. таблица 3. 3) [31].

Расположение наружных СЗУ определяется с помощью солнечной карты в зависимости от ориентации фасада ИЖЗ и широты местности. Для оконных проемов выходящих на юг, применять комплексные решения, поскольку эта сторона имеет высокую солнечную радиацию и температуру потока воздуха [18]. При данной ориентации необходимо использовать горизонтальные экраны (стационарные, регулируемые), солнцезащитные устройства в виде козырьков или ячеистых солнцезащитных панелей.

Для оконных проемов, выходящих на запад и восток, следует применять, как правило, комбинированные солнцезащитные устройства, состоящие из вертикальных и горизонтальных экранов, стационарные вертикальные экраны или регулируемые вертикальные экраны, расположенные под углом к фасаду. Следует подчеркнуть, что комбинированные (сотовые) СЗУ являются более эффективными при любой ориентации оконных проемов.

Для оконных проемов северной ориентации следует применять горизонтальные солнцезащитные устройства в виде горизонтальных козырьков (козырек с экраном на отnose, криволинейный козырек, составной козырек), однако, затенение данной стороны не является обязательным требованием.

На таблице 3. 4 (см. приложение 1) показаны примеры различных наружных солнцезащитных устройств, которые необходимо применять для защиты оконных проёмов ИЖЗ от прямых солнечных лучей. При расчетах и проектировании конструктивных затеняющих элементов нужно основываться на комплексном учете климатических особенностей региона Сахары (температура, ветер, влажность и другие факторы), кроме того учитывать ориентации дома, формы, размеры светопроемов и соответствие требованиям к естественному освещению, вентиляции, визуальному комфорту (визуальный контакт помещений с окружающей средой) и режиму эксплуатации помещений. Другие требования касаются выбора материалов, отражающих лучистое тепло или имеющих низкие

коэффициенты теплоусвоения (асбоцемент, дерево, пластмассы), и обеспечения возможности доступа к СЗУ для обслуживания (чистка элементов от загрязнения и пыли, удаление песка и т.п.).

Регулируемые СЗУ (раздвижные козырьки или жалюзи) по сравнению со стационарными являются более эффективными устройствами из-за возможности их регулирования в зависимости от времени суток и сезона. На рисунке 28 были разработаны диаграммы для того, чтобы иллюстрирующие необходимость СЗУ (стационарные или регулируемые) в зависимости от времени года.

В целом, солнцезащитные устройства должны соответствовать следующим основным требованиям:

- Учет ориентации солнцезащитных устройств и удобство их регулировки.
- Изготовление СЗУ из нетеплоёмких материалов.
- Обеспечение максимальной защиты фасадов и окон от солнечных лучей в жаркий сезон и достаточной инсоляции помещений в холодный сезон;
- Обеспечение вентиляции и притока воздуха в помещения, учитывая их назначение;
- Обеспечение нормируемого уровня освещенности,
- Использование рациональных видов СЗУ соответствующих измерений и стандартизации.

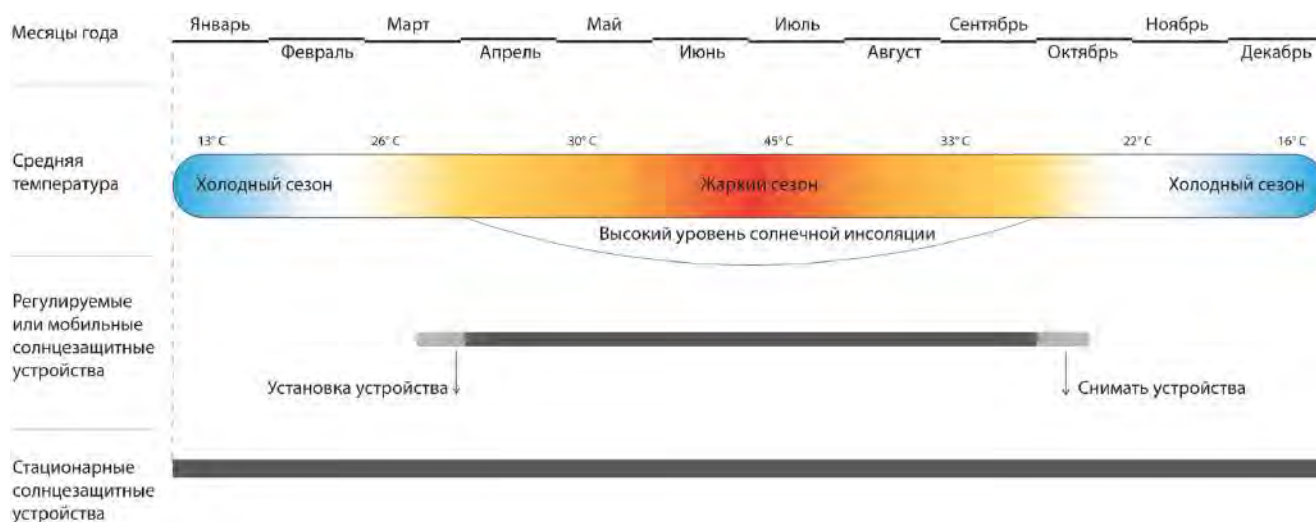


Рисунок 28. Сравнительный анализ использования регулируемых солнцезащитных устройств и стационарных солнцезащитных устройств в зависимости от сезона (схема автора).

С другой стороны, несоответствующие внешние конструкции ИЖЗ могут нагреваться из-за прямой солнечной радиации, что приводит к повышению температуры внутри помещений. В жарко-сухом климате теплоизоляция преимущественно осуществляется в зависимости от ориентации. Таким образом теплоизоляционные и солнцезащитные мероприятия применяются более широко для стен (ориентация: юг, восток, и запад) и кровли.

Вентилируемый фасад (навесной) является эффективным способом теплоизоляции, который представляет собой конструкцию состоящую из облицовочных материалов (например: фиброцементных плит, терракотовых панелей), монтируемых непосредственно на фасады жилого здания. В результате, воздушный зазор между стеной и навесным фасадом способствует уменьшению теплопроводности внешних стен.

Во избежание перегрева конструкций и помещений необходимо также обеспечить теплоизоляцию внешних поверхностей. Для защиты наружных стен от перегрева предусматривается светлая окраска фасадов, устраняющая до 80% солнечного излучения. В целом, кровли получают больше солнечной радиации, чем стены, поэтому их конструкция значительнее для минимизации поступления солнечного тепла. Для защиты кровли ИЖЗ от перегрева предлагаются основные требования к материалам и конструкциям:

- высокая теплоемкость;
- высокая отражательная способность (для снижения тепловой нагрузки);
- устойчивость к истиранию и разрушению (вызванному ветром песка);
- гладкие поверхности для предотвращения скопления песка и пыли.

В городах Сахары плоскую кровлю необходимо принимать для всех типов ИЖЗ. Данные конструкции позволяют создавать террасу и уменьшают интенсивность прямого солнечного излучения. Другие типы кровли также можно использовать в зависимости от их эффективности, например: двухслойные плоские кровли или вентилируемые кровли. Терраса представляет собой одну из

важнейших открытых пространств дома, особенно летом. Это пространство имеет различные функции, такие как место для семейных встреч, приема пищи, вечерней беседы и приема гостей. Таким образом, необходимо обеспечение защиты от прямой солнечной радиации разными устройствами и средствами, навесами, козырьками и горизонтальными жалюзи. Более того, террасы не должны располагаться на южной или западной стороне дома: наиболее предпочтительное расположение террасы - северная и восточная стороны.

Предложения по естественному освещению, вентиляции и охлаждению.

Важным компонентом микроклимата помещения ИЖЗ является облучение солнечными лучами и естественное освещение. В организации внутреннего пространства ИЖЗ особое внимание уделяется созданию естественного освещения и вентиляции. Выбор вида естественного освещения (боковое, верхнее и комбинированное) зависит от целого ряда конструктивных, технологических, инженерных мероприятий и других факторов (природно-климатические условия Сахары и внешний контекст местности).

При высокой солнечной радиации летом в городах Сахары естественное освещение обеспечивается посредством рассеянной радиации. В зимнее время количество солнечной радиации меньше, поэтому необходимо обеспечивать инсоляцию с помощью прямой солнечной радиации. Для городов Сахары, общая продолжительность инсоляции для жилых помещений (в соответствии с санитарными нормами и правилами) должна составлять как минимум три часа в день. Это позволяет снижать потребность в искусственном освещении внутри ИЖЗ. В городах Сахары, из-за интенсивности солнечной радиации летом, естественное освещение помещений должно быть обеспечено вместе с соответствующими солнцезащитными мероприятиями.

В связи с этим, площадь оконных проёмов должна быть не меньше 1/8 площади пола помещения. При наличии жилых помещений, лестницы или коридоры могут находиться в глубине дома и без бокового естественного

освещения. Следует предусматривать окна верхнего света, возможность частичного остекления крыши, зенитные фонари и устройства светового колодца. При использовании светового колодца для внутреннего жилого пространства ИЖЗ требуются соответственная ориентация и солнцезащитные мероприятия. Более инновационной технологией естественного освещения сегодня является система полых световодов. Данная система позволяет транспортировать свет в любые части дома, в том числе и не доступные дневному свету. Полые световоды представляют собой трубчатые каналы различного поперечного сечения и длины, которые могут передавать свет на расстояние, более, чем в 20 раз превышающее диаметр канала, внутренняя поверхность которого покрыта инновационным отражающим материалом [21].

В кухонном помещении требование к естественному освещению и вентиляции является обязательным. Для увеличения глубины проникновения естественного освещения через оконные проемы ИЖЗ необходимо предусматривать использование «световых полок» -горизонтальные или вертикальные поверхности, которые перенаправляют свет вглубь комнаты, поэтому все «световые полки» должны быть отделаны материалами с высоким коэффициентом отражения. Окна в санитарных помещениях предпочтительно располагать в верхней части стены с направлением на север или восток для эффективного освещения и проветривания.

Наличие естественной вентиляции в ИЖЗ важно для создания оптимального микроклимата и постоянного воздухообмена. Для обеспечения воздушно-теплового комфорта ИЖЗ в климатических условиях Сахары необходимо учитывать архитектурно-планировочные решения вместе с инженерно-техническими.

Обеспечение естественной вентиляции ИЖЗ реализуются путем использования различных типов пассивной вентиляции, например: ветроуловитель (односторонняя вентиляция), вытяжная вентиляция и перекрестная вентиляция. Однако ветроуловитель наиболее эффективен в климатических условиях пустыни Сахары. Пассивные системы вентиляции (ветроуловитель) работает за счет

разницы давления воздуха внутри и снаружи здания с разницей температуры. Каналы ветроуловителя можно открывать и закрывать в зависимости от погоды и направления ветра, чтобы регулировать поток воздуха внутри дома для обеспечения комфортной температуры. Данные системы могут иметь дополнительные механические вентиляторы, которые способствуют движению воздуха при открытых внешних проемах. Для охлаждения притока-воздуха экологически безопасными способами необходимо использовать растения или воду (водоем, фонтан). Растения способны уменьшать температуру воздуха и фильтровать воздух от пыли.

При наличии санитарно-гигиенических помещений (ванная, душевая, санузел) в глубине дома и без светового проёма следует применять устройства естественной вентиляции канального типа (вытяжки). При этом системы вытяжки для санитарно-гигиенических помещений необходимо отделять от остальной вентиляции. Следует подчеркнуть, что системы кондиционирования воздуха или автоматизированные системы ветроуловителей (Monodraught) также могут использоваться в дополнение к пассивной системе для повышения комфорта как более эффективное средство вентиляции и охлаждения в жаркий сезон года. Установка автоматизированных ветроуловителей зависит от особенностей планировки дома, количества жилых и подсобных помещений.

3.4 Проектно-экспериментальное проектирование

Для внедрения результатов проведенных исследований выполнены экспериментальные проектные решения современных ИЖЗ для городов Сахары. Разработанные автором рекомендации по проектированию городского ИЖЗ внедрены в проекты для массовой жилой группы ИЖЗ (блокированная застройка).

Блокированные ИЖЗ (Вариант. Б1)

В городах Сахары блокированные дома являются важным и распространенным типом индивидуальных жилых домов. Применение данного типа обусловлено значительными преимуществами по сравнению с

другими типами ИЖЗ. На таблице 3.5 (см. приложение 1) даны предложения архитектурно-планировочных решений для блокированных домов. Данные блокированные дома являются двухэтажными и имеют два световых фронта шириной 12,5 м. и глубиной корпуса 16,5 м. Соотношение глубины и ширины 1:1,3 позволяет достичь высокой эффективности пространственной организации. В целом, ИЖЗ предназначены для семей из 5 – 6 человек соответственно разработанному типу ИЖЗ (II средний тип). Площадь застройки составляет 143 кв. м, что соответствует ~ 70 % площади участка (206 кв. м).

Первый этаж разделен на две зоны: в гостевой зоне расположен входной холл, лестница, гостевая и санитарный узел; в семейной зоне расположен холл, спальная комната, кухни, столовая и санитарно-гигиенические помещения (ванная и санузел). Более того, между этими двумя зонами расположена дополнительная комната, которая может использоваться в качестве гостевой комнаты (для лиц женского пола) или как спальная для гостей. В доме размешены два двора и веранда: первый двор размешен рядом с кухней и холлом для обеспечения естественного освещения и вентиляции, а второй- в задней части дома.

На втором этаже расположены 2-е спальные комнаты с балконом, холл, кладовая, ванная, санузел и две террасы (для семьи и гостей). Планировка, лестницы дают возможность использовать террасное пространство на втором этаже для неформального приема гостей или вечерней беседы в жаркие летние дни. Предложенные решения способствуют эффективному использованию площади дома на втором этаже и созданию непрерывного и разнообразного обще-семейного пространства в зависимости от сезона года.

На западном и восточном фасаде были размешены СЗУ, чтобы избежать перегрева фасадов. На западном фасаде применены вентилируемые фасадные системы из бетона, а на восточном - регулируемые комбинированное СЗУ (козырьки и жалюзи). На крыше размешены солнечные фотоэлементы и коллекторы, направленные на юг для электроснабжения, отопления и горячего водоснабжения, для максимального снижения расходов энергии.

Блокированные ИЖЗ (Вариант. Б2)

На таблице 3.6 (см. приложение 1) предлагается архитектурно-планировочное решение для двухэтажных блокированных домов шириной 15 м, глубиной 20 м, имеющих два световых фронта. Данный ИЖЗ предназначен для семьи из 7 – 9-ти человек соответственно разработанному типу ИЖЗ (III максимальный тип). Площадь застройки составляет 235 кв. м, что соответствует ~ 77 % площади участка (300 кв. м).

Первый этаж разделен на две зоны: в гостевой зоне расположена передняя, гостевая, лестница и санитарный узел. В семейной зоне расположен коридор, четыре спальные комнаты, кладовая, кухня-столовая и санитарно-гигиенические помещения (ванная и санузел). В доме размешены три двора - это места для отдыха, занятий спортом и для игровой детской площадки, а также для обеспечения естественного освещения и вентиляции различных помещений дома. На втором этаже расположены 2-е спальные комнаты с балконом, а также холл, кладовая, ванная, санузел и лоджия; рядом с холлом расположена терраса с солнцезащитным навесом. Пространства холла и террас могут объединяться с помощью устройства складных дверей между ними. Жилые и бытовые помещения имеют достаточно большую площадь для комфортного проживания.

Планировка балкона на втором этаже была спроектирована таким образом, чтобы он выходил внутрь дома для обеспечения визуальной приватности, которая является важным условием при проектировании ИЖЗ в городах Сахары.

В данном варианте предложены решения для обеспечения дополнительных доходов. Например, на первом этаже есть пространство, которое может служить местом для семейной экономической деятельности (для продажи товаров или предоставления различных бытовых услуг). Для удовлетворения повседневных потребностей жителей района данное пространство могут сдать в аренду. Над гаражом устроена полу-экстенсивная зеленая кровля в форме мини-сада для уменьшения уличных шумов, очистки и увлажнения воздуха. При этом дополнительно озеленяется вид дома. Кроме того, уменьшается влияние солнечной

радиации на крышу второго этажа, особенно летом. Толщина грунта составляет 20 см. Зеленые крыши имеют системы автоматического полива, что дает возможность высаживать низкорослую растительность, не требующую специального ухода.

ИЖЗ (Варианты Б1, Б2) имеют гибкую пространственную организацию, что важно при увеличении состава семьи и изменении потребностей обитателей дома. Есть возможность трансформации дома путем реконструкции или добавления новых помещений. Конструкции домов, (Варианты. Б1–Б2)- это монолитные железобетонные конструкций, для стен (Вариант. Б1) применен прессованный глинобитный блок (СЕВ) (см. таблица 3. 7), для (Вариант. Б2) применен утрамбованная земля (см. таблица 3. 8).

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. Проведенное исследование в городах Сахары позволило сформулировать основные принципы формирования ИЖЗ: *1) Принцип адаптивности ИЖЗ; 2) Принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ; 3) Принцип трансформации и рациональной функциональной организации; 4) Принцип экологической безопасности и «устойчивости»; 5) Принцип эффективного использования современных технологий.*

2. Архитектура ИЖЗ городов Сахары имеет ряд недостатков по формированию индивидуальной жилой застройки и по нормативным требованиям. Установлена необходимость совершенствования норм проектирования и строительства ИЖЗ для климатический условий городов Сахары. Предложены нормативные требования и правила проектирования и размещения индивидуальной жилой застройки.

3. Автором разработана классификация типов индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) по уровню комфорта, также их типологические характеристики, применяемые в мировой архитектурной практике. Разработаны функционально-пространственные основы формирования массового ИЖЗ в зависимости от количества членов семьи; выделены три типа ИЖЗ (малый, средний и большой); на

примере предложенных трех моделей массовых ИЖЗ выстроена модель планировки ИЖЗ (схема функциональной организации). Даны рекомендации по размещению функциональных зон и помещений, определена степень связи между помещениями ИЖЗ (матрица взаимодействия функциональных связей помещений).

4. Разработаны рекомендации по применению возобновляемых источников энергии. Автор предлагает использование технологии солнечных энергетических систем (СЭС). Разработаны рекомендации по архитектурно-конструктивным и инженерно-техническим решениям в архитектуре ИЖЗ городов Сахары. Выявлены различные требования по обеспечению солнцезащиты, теплоизоляции, требования к конструкции солнцезащитных устройств и порядок их проектирования. Даны предложения по естественному освещению и вентиляции ИЖЗ городов Сахары.

5. Разработаны проектные предложения по двум моделям ИЖЗ с учетом климатических условий городов Сахары, социокультурных требований и также с учетом использования местных глинобитных материалов (прессованный глинобитный блок «СЕВ, ССЕВ», утрамбованная земля).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. В ходе исследования проведен анализ факторов, влияющих на архитектуру индивидуальный жилых зданий (ИЖЗ) в городской застройке Сахары. Это позволило разработать архитектурную типологию ИЖЗ на основе требований к архитектурно-планировочным решениям с учетом природно-климатических, эколого-энергетических, экономических и социально-культурных условий в городах Сахары.

2. На основе методологического анализа, выявлены принципы проектирования ИЖЗ в условиях городов Сахары: **принцип адаптивности ИЖЗ** – обеспечение климатической, ландшафтной адаптивности и связи с существующей городской средой и инфраструктурой; **принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ** – учет национальных особенностей, бытового уклада населения, региональных традиций и соблюдать приватное зонирование: отделять семейно-индивидуальную зону от гостевой зоны при проектировании ИЖЗ; **принцип трансформации и рациональной функциональной организации** – обеспечение гибкости пространственной организации с перспективой «роста дома» и возможность трансформации планировки дома; **принцип экологической безопасности и «устойчивости»** – применение местных ресурсов, максимальное использование природных и перерабатываемых строительных материалов; использование экологического инженерного оборудования и альтернативных источников энергии; **принцип эффективного использования современных технологий** – применение BIM-технологии, 3D-строительной печати и использование технологии кинетических фасадов для обеспечения оптимальной адаптации индивидуального жилища.

3. Проведенный анализ позволил сформулировать ряд выводов и рекомендаций по формированию архитектуры и застройки ИЖЗ в условиях городов Сахары:

3.1 Разработаны предложения по планировочным решениям индивидуальной жилой застройки на основе ландшафтно-климатических и социокультурных требований.

3.2 Разработаны рекомендации по площади и функционально-пространственной организации ИЖЗ, включающие следующее: классификацию индивидуальных жилых зданий (ИЖЗ) по уровню комфорта (элитное, престижное, эконом-класс и социальное); типологические характеристики категорий ИЖЗ; предложения по минимальным показателям площади жилых зданий по трем основным типам дома, в зависимости от количества членов семьи; предложены типовые схемы организации; представлены предложения по размещению функциональных зон; по функциональным связям помещений (матрицы взаимодействий) и по ориентации жилых помещений ИЖЗ. Помимо этого установлено, что для решения жилищной проблемы городов Сахары необходимо развитие массового жилья, которое должно составлять от 70 до 80 % от объемов строительства ИЖЗ для удовлетворения потребности в социальном жилище и социальной защиты малоимущих слоев населения.

3.3 Определены минимальная площадь массового ИЖЗ – 30 кв. м общей площади на человека, минимальное количество комнат- 2 (гостевая и спальная). Предложены пространственно-функциональные модели трёх типов ИЖЗ в зависимости от количества членов семьи – малый дом (семья из 2-4 человек); средний дом (семья из 5-6 человек); большой дом (семья 7-9 и более человек). Разработанные типы ИЖЗ являются основными вариантами в массовой застройке ИЖЗ.

3.4 Разработаны рекомендации по формированию индивидуальных жилых зданий с учётом инновационных методов строительства, эффективных конструкций и материалов, включая применение 3D-строительных технологий; по применению строительных материалов (утрамбованная глина, прессованный глинобитный блок «СЕВ, ССЕВ»), где представлены архитектурные и строительные решения по использованию глинобитных материалов

(концептуальное проектное решение; гипсовый раствор; добавление стабилизаторов)

3.5 Представлены рекомендации по применению солнечных энергетических систем «активными системами» и размещению объектов (солнечные фотоэлементы и солнечные коллекторы). Установлена необходимость использования солнечной энергии для выработки электроэнергии с помощью солнечных фотоэлектрических панелей (СФЭ) и использование солнечных коллекторов (СК) для нагревания воды и обеспечения отоплением.

3.6 Разработаны рекомендации по применению архитектурно-конструктивных и инженерно-технических решений при формировании индивидуальных жилых зданий в условиях пустыни Сахары, даны рекомендации по обеспечению солнцезащиты (СЗУ, СЗС) и теплоизоляции, а также разработаны требования к материалам, конструктивным солнцезащитным устройствам и порядок их проектирования; рекомендации по естественному освещению, вентиляции и охлаждению.

4. Разработанные принципы и рекомендации проектирования ИЖЗ могут применяться в качестве руководства для архитекторов, что будет способствовать развитию жилищного строительства в условиях городов Сахары и позволит сохранить культурную идентификацию и особенности индивидуального жилого здания.

5. Осуществлено экспериментальное проектирование с целью апробации и подтверждения эффективности основных результатов диссертационной работы (Приложение 5,6).

РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты исследования могут представлять ценность для практикующих архитекторов, градостроителей и дизайнеров. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к внедрению в образовательные программы по

подготовке студентов по специальностям «Архитектура». В условиях жаркого и сухого климата положения исследования могут быть полезны в сфере государственных нормативов и регламентов для развития жилой архитектуры стран Сахары.

Учет данных рекомендаций по проектированию и строительству ИЖЗ может послужить основой для создания новых прогрессивных решений в архитектуре ИЖЗ, отвечающих специфике и особенностям городов Сахары.

Перспективы при дальнейшей разработке темы

Дальнейшая работа может быть направлена на расширение границ исследования. Актуальным представляется изучение и разработка нормативных документов и регламентов по проектированию ИЖЗ и застройки с учетом локальных особенностей Сахары.

Разработка и внедрение 3D-строительных роботов и развития глинобитных строительных материалов для ИЖЗ.

Перспективным является и дальнейшее изучение тенденции развития архитектуры ИЖЗ, теории архитектуры жилых зданий в регионах Сахары.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ИЖС	Индивидуальное жилищное строительство
ИЖЗ	Индивидуальных жилых зданий
ЛП	Летние пространства
ЛЭП	Линия электропередачи
ОВКВ	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
ПРООН	Программа развития ООН.
РФ	Российская Федерация
СФЭ	Солнечный фотоэлектрический элемент
СЗС	Солнцезащитные средства
СЭС	Солнечные электростанции
СЗУ	Солнцезащитные устройства
СК	Солнечный коллектор
СССР	Союз Советских Социалистических республик
Bwh	Hot desert climates
CRATERre	Centre de recherche et d'application en terre
CEB	Compressed earth brick
CSEB	Compressed stabilized earth block
EPAU	École polytechnique d'architecture et d'urbanisme
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NCAR	National Center for Atmospheric Research
ONS	Office National des Statistiques
PDAU	Le Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme
POS	Plan D'occupation Des Sols
PMV	The predictive mean vote
TABS	Thermally Activated Building System
UNCHS	United Nations Centre for Human Settlements

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Арабизанс стиль или стиль Джоннарта — архитектурный стиль Магриба, появившийся в двадцатых годах двадцатого столетия как следствие французской колонизации в Алжире, Турнисе, Марокко и отличался от других стилей использованием исламских архитектурных элементов.

Бадгир (перс. بادگیر) — архитектурный элемент, который используется для вентиляции зданий и контроля температуры. Является традиционным для персидской и иранской культуры, а также в настоящее время существует и пользуется спросом в странах Востока и Северной Африке (Малькаф).

Вади (по араб. وادي) — Сухие русла рек и эрозионные речные долины временных водных потоков, заполняемых, главным образом только после сильных ливней в пустынях северной Африки.

Галерея — вытянутое в длину крытое помещение, хорошо освещённое, предназначенное для прохода людей. Особенностью является замещение одной из продольных стен столбами, колоннами и иногда балюстрадами.

Ксар (каср, по-берберски агрем) — деревенский тип зданий, расположенных чаще всего на склоне горы, состоящих из примыкающих друг к другу домов. Такие постройки вместе образуют территорию, окружённую стеной, что делает ее похожей на крепость. В качестве строительных материалов используются саман в чистом виде или с примесью камня. Такие деревни находятся в Сахарских оазисах Магриба и на южных склонах Атласа. Больше всего их можно встретить в Северинов Африке.

Касба (араб. قصبة) — крепостные сооружения, цитадель архитектуры бербер. Построены из глины и изначально выполняли функцию военных укреплений. Встречаются в странах Северной Африки, к примеру Касья Айт-Бен-Хаду.

Машрабия (араб. مشربية) — ширмы или перегородки, снаружи окна, балкона или внутри здания, защищающие от солнца и являющиеся элементом арабской

архитектуры. Также выполняют декоративную функцию, поскольку выглядят ажурно благодаря узорам, выполненным из дерева.

Оазис — островок с растениями в пустыне, находящийся возле водоемов с грунтовыми водами. Отличается своей изолированностью от остальных растительных массивов.

Рег (араб. رقب) — тип пустыни, встречается в Сахаре и выглядит как каменистая местность, где происходит дефляция ветра, что помогает очистить поверхность от мелких элементов, оставляя камни и гравий.

Сахель (араб. ساحل) — (означает «берег» или «побережье») тропический саванный регион в Северной Африке с жарко-полусухим климатом, который является своеобразным переходом между Сахарой на севере и более плодородными землями на юге.

Скифа (араб. سقيفة) — промежуточное пространство между улицей и внутренним пространством дома.

Шикана (фр. entrée en chicane) — это вход в виде шиканы, из которой не открывается вид внутрь дома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александер К., Исикава С., Силверстайн М. язык шаблонов. Города. Здания. строительство. - М.: Изд-во Студия Артемия Лебедева, 2014.
2. Анисимов Л. Ю. Адаптируемость архитектурной формы как один из аспектов повышения энерго-и ресурсоэффективности жилища //Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – №. 1. – С. 17-21.
3. Аронин Дж. Э. Климат и архитектураю. - М.: Госстройиздат, 1959. — 251 с.
4. Архитектурное проектирование жилых зданий: учебник для вузов / М. В. Лисициан и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
5. Асаул А. Н. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, Н. И. Пасяда, И. В. Денисов; под ред. д-р э. н., проф. А. Н. Асаула. – СПб.: «Гуманистика», 2005. – 15 с.
6. Бархин Б. Г. Методика архитектурного проектирования. - М.: Стройиздат, 1982.
7. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. О нормировании и расчете инсоляции // Светотехника. – 2006. – №. 1. – С. 18-27.
8. Белаш Е. А. Функционально мотивированные построения в архитектуре XXI века: дис. канд. наук: специальность 2.1.11 / Е. А. Белаш. – Москва, 2022.
9. Бенюсеф Я. М. Традиционные методы формирования жилищной архитектуры в условиях пустыни Сахара // конференция «Академическая наука в современных условиях: проблемы и перспективы», Уфа, 2019 г.
10. Бударин Е. Л. Принципы архитектурно-планировочной организации индивидуального жилища в условиях самодеятельного строительства (на примере Ставропольского края) // Диссерт. на соискание учен. степ. канд. архитектуры по спец. 05.23.21. – М., 2015.
11. Воронина, В.Л. Народные традиции архитектуры Узбекистана. М.: Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1951. – 166 с.

12. Гутнов А.Э., Лежава И.Г. Будущее города. Творческая трибуна архитектора. М.: Стройиздат, 1977.
13. Демиденко А.К., Кулибаба А.В., Иванов М.Ф., Перспективы применения 3D-печати в строительном комплексе Российской Федерации // Строительство уникальных зданий и сооружений - 2017. - №12(63). - С.71-96.
14. Елисеев А. В. Антропологическая экскурсия в Сахару через Триполи, Тунис и Алжир. - СПб., 1885.
15. Есаулов Г. В. Архитектура в поисках гармонии / Г. В. Есаулов // Academia. Архитектура и строительство. - 2010. – № 1. – С. 12.
16. Ефимов А.В. Колористика города - М.: Стройиздат, 1990.
17. Забродская М. П. Страны и Народы Востока. [Путешествия А. В. Елисеева по Сахаре (1881-1893 гг.)] [Текст] / Издательство «Наука» Главная редакция восточной литературы. Москва. 1987.
18. Зоколей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой / Пер. с англ.;– М.: Стройиздат, 1984. 670 с.
19. Иовлев В. И. Архитектурное пространство и экология. – 2006. с. 13.
20. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Тхань Куй. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 863–876.
21. Карасева Л. В. Преимущества и перспективы применения систем естественного освещения с полыми трубчатыми световодами в России // Инженерный вестник Дона. -2022. -№6, – С. 530-539.
22. Крашенинников И.А. Характеристики пористости городской ткани и пороги интенсификации использования территории, [Текст]:дис. кандидата архитектуры. - Москва, 2019.
23. Киселевич Л. Н., Косоковский В. А., Ржехина О. И. Жилищное строительство в условиях жаркого климата за рубежом. - М., Стройиздат. – 1965.

24. Кокодеева Н. Е. и др. Стандарты долговечного строительства [Текст] // Жилищное строительство. – 2012. – №. 1. – С. 16.
25. Косо Й. Солнечный дом. Естественное освещение в планировке и строительстве [Текст] / Йожеф Косо; (пер. с венгер.). – М.: Издательская группа «Контэнт», 2008.
26. Лицкевич В.К. Жилище и климат. – М.: Стройиздат, 1984. – 288 с.
27. Лицкевич В.К., Макриненко Л.И., Мигалина И.В., Оболенский Н.В., Осипов А.Г., Щепетков Н.И. Архитектурная физика: Учеб. для вузов: Спец. «Архитектура» / Под редакцией Н. В. Оболенского. — Москва : «Архитектура-С», 2007. — 448 с.
28. Лицкевич В.К. Принципы формирования экологического жилища [Текст] / В.К. Лицкевич // Научный сборник: Проблемы экологии жилища. – М.: ЦНИИЭП Жилища, 1991. – С. 4-10.
29. Любимова Г. Н., Хан-Магомедов С. О. Народная архитектура Южного Дагестана. — М., 1956.
30. Минабутдинова А. Р., Агишева И. Н. Принципы формирования трансформируемого жилого пространства //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – №. 3 (49). – С. 62-70.
31. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. - М.: Стройиздат, 1988. 208 с.
32. Оболенский Н. В. О комплексе критериев оценки солнцезащитных устройств, там же, 1974, в. 7(21).
33. Орлова Л.Н. Метод энергетической оценки и регулирования инсоляции на жилых территориях: Дис. канд. техн. наук. Горький, 1985. - 188 с.
34. Петрова З. К. Организация малоэтажной жилой застройки в системе расселения России, [Текст]:дис. Доктора архитектуры, –Москва, 2016.
35. Потаев Г.А. Градостроительство. Теория и практика // М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М.- 2014.

36. Потаев Г. А. Современные Тенденции Развития Архитектуры, Градостроительства И Дизайна. [Текст] / Белорусский национальный технический университет, Минск, 2015.
37. Римша А.Н. Градостроительство в условиях жаркого климата. Учебник для вузов. — М.: Стройиздат, 1979.— 312. с.
38. Сапрыкина Н. А. Мобильное жилище для Севера.— Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1986. — 74 с.
39. Сапрыкина Н. А. Формирование объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2020. – №. 4 (53). – С. 40.
40. Современное здание с динамикой фасадов – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.ads1.kirov.ru/projects/pictures/201012/sovremennoe_zdaniye_s_dinamikoj_fasadov/ (дата обращения 11.11.2022).
41. Табунщиков, Ю. А., Бородач, М. М., Шилкин, Н. В. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бородач, Н. В. Шилкин. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.
42. Уманский Н. Г. Солнцезащитные устройства в зданиях. – М. : Госстройиздат, 1962.
43. Фирсанов В. М. Архитектура тропических стран. М.: Изд-во РУДН, 2002. 17 с.
44. Шевцов, К. К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями. – М., 1986.
45. Шувалов В.М. Принципы формирования экологического поселка. Основные направления совершенствования архитектуры и строительства с учетом современных экологических требований. – Орел: ГАУ, 2000.
46. Щеглов, С. Основы проектирования энергоэффективного здания / С. Щеглов. – М. : ООО «ТехноНИКОЛЬ Строительные Системы», 2021. –114 с.
47. Яргина З. Н. Градостроительный анализ.– М.: Стройиздат, 1984. –245 с.

48. Above Board Living. Luigi Rosselli Architects. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.archdaily.com/964484/above-board-living-luigi-rosselli-architects> (дата обращения 30.12.2021).
49. Abdulac S. Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. [Print] / Paris: ICOMOS Publ., 2011. 282 p.
50. Afkhamiaghda M. A Case Study of Masdar City: Feasibility of adapting Masdar city to Yazd, Iran. – 2015.
51. Alan Nicholson Design Studio. Yorkville Residence / Alan Nicholson Design Studio" ArchDaily. 2017. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.archdaily.com/803926/yorkville-residence-alan-nicholson-design-studio/>
52. Alkama D., Tacherift A. Essai D'analyse Typo-Morphologique Des Noyaux Urbains Traditionnels Dans La Region Des Ziban. [Print] / Courrier du Savoir – N°01. 2001, p. 87.
53. Al-Zubaidi, M. S. S. The sustainability potential of traditional architecture in the Arab world - with reference to domestic buildings in the UAE. [Print] / PhD thesis, University of Huddersfield, 2007.
54. Al-Tawil, H. Rehabilitation of the traditional centers of the Arab city. [Print] / Symposium of the traditional Arab city center between present and future, Homs, Syria, –2004, –138 p.
55. Alrashed F., Asif M., Burek S. The role of vernacular construction techniques and materials for developing zero-energy homes in various desert climates. [Print] / buildings journal, Saudi Arabia, 2017.
56. Amos R. House form and culture. [Print] / Pearson, Édition : Facsimile, –1969.
57. Amos R. Vernacular Design as a Model System, in Vernacular Architecture in the Twenty First Century: Theory, Education and Practice. [Print] / ed. by Lindsay Asquith and Marcel Vellinga (Abingdon, Oxon: Taylor & Francis), –2006, –182 p.

58. Andrew B., William T. T. Building Systems vs Active Building Systems and the Return On Investment. [Print] / building innovation conference. National institute of building science–2014.
59. Armelle C, Martine D. Des déserts déserts d'hommes ? Approche géographique d'un milieu dit hostile. [Print] / Présentation Lacito journée désert. – 2009.
60. Aurélie V, Ann B, David G, Romain A, Laetitia F. Argiles & biopolymères-les stabilisants naturels pour la construction en terre. [Print] /– 2017.
61. Auroville Earth Institute. Earth Based Technologies, 2009. – [электронный ресурс]- Режим доступа: www.earthauroville.com/maintenance/uploaded_pics/4-cseb-en.pdf
62. Battesti V. Les échelles temporelles des oasis du Jérid tunisien. [Print] /Anthropos 95, –vol. 95, –n°2, –2000, –419-432 p.
63. Baglioni E, Rovero L, Tonietti U. Drâa valley earthen architecture: construction techniques, pathology and intervention criteria. [Print] / J. Mater. Environ. – Sci. 7 (10). – 2016.
64. Bart F. Marc Côte, Signatures sahariennes, terroirs et territoires vus du ciel. Aix-en-Provence: Presses Universitaires de Provence, 2012, 307 p //Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux. – 2013. – T. 66. – №. 261. – C. 130-132.
65. Ben Ameer O. Etude De L'impact Du Rafrachissement Des Fontaines D'reau Dans Les Maisons A Patio, Cas Des Zones Sahariennes. [Print] / Biskra-Khider Mohamed Université, Magister, 2016.
66. Bencherif M., Chaouche S. La maison urbaine a patio, réponse architecturale aux contraintes climatiques du milieu aride chaud. [Print] / Secheresse. –Vol. 24. –2013. –203-213 p.
67. Bennafla K. Côte Marc, Le Sahara, barrière ou pont?, Aix-en-Provence, Presses Universitaires de Provence, 2014, 158 p //Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée. – 2016. – №. 140.

68. Benyoucef M. Y, Razin A.D. Consideration of climatic conditions in the design of dwellings in the Sahara desert (Анализ климатических условий при проектировании жилой застройки в пустыне Сахара) [Print] / Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. Т. 19. –№ 4. –2018. –471-481 p.
69. Benyoucef M. Yassine., Olga. U. Suslova. Typology and Architectural Features of Traditional Dwellings In the Great Sahara (Case of Patio and Underground Houses). [Print] / Architecture and Modern Information Technologies, Moscow. –№ 4(49), – 2019.
70. Benyoucef M. Yassine. Contemporary vernacular architecture design for a future design solutions of dwellings in hot-arid areas. / Yassine M. B, Andrey R.// Урбанистика, –№ 4. –2019. –73-82 p. – [электронный ресурс]- Режим доступа: http://e-notabene.ru/urb/article_31000.html
71. Benyoucef B. Le m'zab les pratiques de l'espace. [Print] / ENAL., Alger, –1986.
72. Belguidoum S. Urbanisation et urbanité au Sahara. [Print] / In: Méditerranée, tome 99, Le Sahara, cette «autre Méditerranée». –2002, –53-64 p.
73. Berkal I. Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie, Institut national agronomique. [Print] / mémoire de magister. –2006. –13 p.
74. Binici H., Aksogan, O., Bakbak, D., Kaplan, H. and Isik, B. Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls. [Print] / Construction and Building Materials. –Vol 23. –2009. –1041 p.
75. Binici H., Aksogan, O. Bodur, M. N., Akca, E. and Kapur, S. Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials. [Print] / Construction and Building Materials. –Vol 21. –2007. –901-906 p.
76. Bisson J. Mythes et réalités d'un désert convoité: le Sahara. [Print] / L'Harmattan. Paris. –2003.
77. Bisson J., Jarir M. Ksour Du Gourara et Du Tafilelt. [Print] / Edition du CNRS, Annuaire de Afrique du Nord, Tome XXV. –1986.

78. Bordass B. The Balance Between Central and Local Control Systems. [Print] / In Environmental Quality 90 Conference, Solihull. –1990. –2 p.
79. Bourne, L. S. The Geography of Housing. Edward Arnold Publishers Limited, London, 1981.
80. Boutabba H., Farhi A., Mili M. Le patrimoine architectural colonial dans la région du Hodna, un héritage en voie de disparition. Cas de la ville de M'sila en Algérie //L'Année du Maghreb. – 2014. – №. 10. – C. 269-295.
81. Brachet J., Choplin A., Pliez O. Le Sahara entre espace de circulation et frontière migratoire de l'Europe //Hérodote. – 2011. – №. 3. – C. 163-182.
82. Brooks N., Chiapello I., Lernia S. D., Drake N., Legrand M., Moulin C., Prospero J. The climate-environment-society nexus in the Sahara from prehistoric times to the present day. [Print] / The Journal of North African Studies, 10(3-4). – 2005. –253–292 p.
83. Brager G., Paliaga G., De Dear R. Operable Windows, Personal Control. [Print] / ASHRAE transaction. –110 (2). –2004. –17-35 p.
84. Bui Q. B. et al. Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering //Building and Environment. – 2009. – T. 44. – №. 5. – C. 912-919.
85. Burcu S., Ömer F. B., Atacan A., Kofi A. Sustainable Features of Vernacular Architecture: Housing of Eastern Black Sea Region as a Case Study. [Print] / MDPI, Switzerland. –2017. –1-14 p.
86. Burroughs S. Soil property criteria for rammed earth stabilization. [Print]/ Journal of Materials in Civil Engineering. –20 (3). –264-273. – 2008.
87. Pérez-Tello C. et al. Methodology of energy management in housing and buildings of regions with hot and dry climates [Print] //IntechOpen: London, UK. – 2018. – C. 13-29.
88. Casa Munita Gonzalez / Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/379734/casa-munita-gonzalez-arias-arquitectos-surtierra-arquitectura/> (дата обращения 11.07.2022).

89. Cave House in Loess Plateau /hyperSity Architects. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/803213/cave-house-on-loess-plateau-hypersity-architects> (дата обращения 23.08.2022).
90. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. How to build in the Sahara Desert: comment construire au Sahara, Ekistics, Vol. 7. –No. 39. –1959. –54-64 p.
91. Cousins M. Design quality in new housing: learning from the Netherlands. – Taylor &
92. Chaline C. Les villes du monde arabe, [Print] / Paris, Armand Colin, 1996, 181p.
93. Chiusoli A. The first 3D printed House with earth (Gaia), 3dWASP, 29, 2018. – [электронный ресурс]- Режим доступа: www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/
94. Chua K. J, Chou S. K, Yang W. M, Yan J. Achieving better energy-efficient air conditioning a review of technologies and strategies. [Print] / Applied Energy. – 2013.
95. Claudette H. R. Solar Power for Your Home A Consumer’s Guide. [Print] / LSU AgCenter Communications. –2015.
96. Copenhagen Centre on Energy Efficiency. Accelerating Energy Efficiency: Initiatives and Opportunities. [Print] / Africa. Copenhagen Denmark. –2015.
97. Correia M., Carlos G., Rocha S. (ed.). Vernacular heritage and earthen architecture. – CRC Press, –2013.
98. Côté M. (ed.). La ville et le désert: le Bas-Sahara algérien. – Karthala Éditions, 2005.
99. Crane WASP – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printer-house-crane-wasp/> (дата обращения 21.08.2022).
100. Creangă E., Ciotoiu I., Gheorghiu D., Nash G. Vernacular architecture as a model for contemporary design, Conference: Eco-Architecture. V: 128. –2010.
101. Dabaieh M. A Future for the Past of Desert Vernacular Architecture. [Print] / Lund University (Media-Tryck) 2011. –49 p.

102. Dabaieh, M. Building with Rammed Earth - A practical experience with Martin Rauch. [Print] / Lund university. –2014.
103. Daoud Y., Halitim A. Irrigation et salinisation au Sahara algérien //Science et changements planétaires/Sécheresse. – 1994. – Т. 5. – №. 3. – С. 151-160.
104. Danial A. Berber. A house in the Sun, : Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War. [Текст] /1st Edition, Oxford university press, –2016.
105. Dafalla M. A., Al Shuraim M. I. Efficiency of polystyrene insulated cement blocks in arid regions //GEOMATE Journal. – 2017. – Т. 13. – №. 36. – С. 35-38.
106. Day H. The vernacular as a model for design: design studies for the contemporary Welsh house : дис. – Cardiff University, 2013.
107. Demangeot J. Les milieux « naturels » du globe. [Print] / 5e édition, Paris, Masson, –1994, –313 p.
108. Denyer S. African Traditional Architecture. [Print] / Heinemann Press, London. – 1978. –155–171 pp.
109. Designing buildings, the construction wiki. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Minimum_space_standards (дата обращения 30.02.2022).
110. Dethier J. The art of earth architecture: past, present, future. [Print] / Thames & Hudson., 2020.
111. Divsalar R. Building problems in hot climates : дис. – Eastern Mediterranean University (EMU), 2010.
112. Dominique Casajus. Sahara en mouvement : Introduction du dossier de recherche: Sahara en mouvement. [Print] / L'Année du Maghreb, CNRS Éditions. –2011. –7. – 5-23 p.
113. Dorier A. E. Vocabulaire de la ville, notions et références. [Print] / Paris, éditions du temps, –2001. –190 p.
114. Dresch J. Géographie des régions arides. [Print] / Ed presses universitaires de France. 1982. 277 p.
115. Dubief J. L'Ajjer, Sahara central. – Karthala Editions. –1999.

116. Dumont H. J., Pensaert J. Sahara-Sahel, région 2, institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, édition de l'ORSROM, Paris. – 1988.
117. EarthLABStudio. Earth House / earthLAB Studio. ArchDaily, –2017. – [электронный ресурс]- Режим доступа: www.archdaily.com/877159/earth-house-earthlab-studio/
118. Ebner P. et al. Housing for people of all ages: flexible, unrestricted, senior-friendly. [Print] / Walter de Gruyter. 2013.
119. Edwards B. et al. (ed.). Courtyard housing: past, present and future. – Taylor & Francis. 2006.
120. _Edra arquitectura / 21st Century Vernacular House – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.archdaily.com/792763/21st-century-vernacular-house-edra-arquitectura-km0> (дата обращения 21.08.2022).
121. El-Shorbagy A. Design with nature: windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings //International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS. – 2010. – Т. 10. – №. 03. – С. 26-31.
122. Eltrapolsi A. The efficient strategy of passive cooling design in desert housing: a case study in Ghadames, Libya : дис. – University of Sheffield. 2016.
123. European commission MEDA-EUROMED heritage. Traditional Mediterranean Architecture, CORPUS, 2002, 64 p. – [электронный ресурс]- Режим доступа: https://issuu.com/asociacionrehabimed/docs/corpus_eng
124. Europe W. H. O. Housing and health regulations in Europe //Final report. – 2006.
125. Fabbri, A., Morel, J.C. Earthen Materials and Constructions. [Print] / In K. A. Harries, & B. Sharma (Eds.), Nonconventional and Vernacular Construction Materials: Characterisation, Properties and Applications. Woodhead Publishing. – 2016.
126. FAO. Algérie, L'irrigation en Afrique en chiffres – Enquête AQUASTAT. [Print] / découverte, –2011. –163-182 p.

127. Fanger P O. Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. [Print] / Copenhagen: Danish Technical Press. –1970.
128. Fanger P.O. Assessment of man's thermal comfort in practice. [Print] / Occup. Environ. Med. 30. – 1973. –313–324 p.
129. Fathy H. Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt. – University of Chicago press, 2010.
130. Felicia J. Top ten building innovations for civil engineers, business innovation, raconteur, 2015. – [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.raconteur.net/business-innovation/top-ten-construction-innovations>
131. Fernandes J., Mateus R., Bragança L. The potential of vernacular materials to the sustainable building design. [Print] / Taylor & Francis Group, London. –2014.
132. Fiedermann S., Halilovic J., Bogacz T. Solar potential of the Sahara Desert with an introduction to solar updraft power plants //EEEIC Proceedings. – 2009.
133. Fiber reinforcement in 3d printing with clay. 2020 – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.iaacblog.com/programs/fiber-reinforcement-3d-printing-clay/> (дата обращения 04.07.2022).
134. Fontaine J. Infrastructures et oasis-relais migratoires au Sahara algérien. [Print] / Annales de Géographie. n°644. – 2005. – 437-448 p.
135. Foruzanmehr A. Thermal Comfort in Hot Dry Climates: Traditional Dwellings in Iran. – Routledge, – 2017.
136. Frammed earth house, D'WELL, ArchDaily – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.archdaily.com/991945/frammed-earth-house-dwell> (дата обращения 21.11.2022).
137. Frampton, K. Modern Architecture: A Critical History. [Print] / Thames & Hudson, London, UK, –2007. –314 p.
138. Friedman A. The adaptable house: designing homes for change. [Print] / 271. –2002.
139. Gabril, N. M.S. Thermal Comfort and Building Design Strategies for Low Energy Houses in Libya, Lessons from the Vernacular Architecture. [Print] / University of Westminster, PhD. Thesis. –2014.

140. Gamal N. Sheibani, Tim Havard. The Reasons For Shortages In Housing In Libya. [Print] / University Of Salford. –2006.
141. Givoni B. Earth integrated building-an overview. [Print] /Architectural science review. 24. –1985. – 42-53 p.
142. Godard J. L'oasis moderne, essai d'urbanisme saharien. [Print] / Alger, La Maison des livres. –1954. –225 p.
143. Guedes M. C. Sustainable Architecture in Africa. Sustainability, Energy and Architecture. –2013. –421–503 p.
144. Guillermou Y. Survie et ordre social au Sahara: les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt en Algérie //Cahiers des sciences humaines. – 1993. – T. 29. – №. 1. – C. 133.
145. Gaur M. K., Squires V. R. (ed.). Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands. [Print] / New York, NY, USA : Springer International Publishing. –2018.
146. Hadi Zare M., Kazemian F. Reviewing the role of culture on formation of vernacular architecture //European Online Journal of Natural and Social Sciences. – 2015. – T. 3. – №. 4 (s). – C. pp. 547-553.
147. Hadjilah A. L'architecture des premières maisons européennes d'Alger, 1830-1865 //Artl@s Bulletin. – 2016. – T. 5. – №. 1. – C. 2.
148. Hadj Mohamed N, Madani M. Renouvellement des espaces habités spécifiques aux régions sahariennes, l'exemple de Béchar, –REMMM, –138, –2015. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://journals.openedition.org/remmm/8914>
149. Hall, M., and Djerbib, Y. Rammed earth sample production: context, recommendations and consistency. [Print] / Construction and Building Materials. – 18 (4) . –2004. –281-286 p.
150. Hamid H. L'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture en Algérie, rapports national, Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et de pêche. –2003. –12 p. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <http://www.fao.org/3/CA3478FR/ca3478fr.pdf>

151. Hamouda A, S. Abdou. Approche D'une Analyse Syntaxique De L'habitat Rural Cas D'el Kantara. [Print] / Courrier Du Savoir – N°16. –2013. –27-36 p.
152. Hammoudi A. le patrimoine ksourien, mutation et devenir. Le cas du Zab El Gherbi–Tolga [Print]/ дис. – Université Mohamed Khider Biskra. 2014.
153. Hassan H., Sumiyoshi D. Earth-sheltered buildings in hot-arid climates: Design guidelines //Beni-Suef University journal of basic and applied sciences. – 2018. – T. 7. – №. 4. – С. 397-406.
154. Hassan S. A., Resen M. J. The transformations in the urban fabric of traditional city centers (Lebanese Experience: Case Study) //KnE Engineering. – 2018. – С. 1–15–1–15.
155. Hoof, J van, Mazej, M and Hensen, J.L.M. Thermal comfort: research and practice. [Print] / Fontiers in Bioscience. 15(2). –2010. –765-788 p.
156. Jean-François T. et al. Le grand Maghreb. – 2006. –381 p.
157. Jenna M. New Mexico home by Mollhaus takes cues from adobe architecture and desert terrain. 2017. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.dezeen.com/2017/09/04/new-mexico-house-mollhaus-adobe-architecture-desert-terrain-stucco/> (дата обращения 04.11.2022).
158. Judy M. Arab Islamic architecture - its uniqueness - innovations – aesthetics. [Текст] / Dar Al-Maysara Publishing, Distribution and Printing, Amman, –1998.
159. Kanishk P. B. Thermal Comfort in Hot-Dry Climate. [Текст] / AA SED Architectural Association School of Architecture, MSc / –Sustainable Environmental Design, 2017.
160. Keable J. Rammed earth standards. [Print] / ODA Final Project Report –R 4864C. 1994.
161. Kebaili A. La ville saharienne en Algérie entre mutations et stratégies d'intervention « Cas d'Ouargla ». [Print] / Colloque Mutations de la ville saharienne -Approches croisées sur le changement social et les pratiques urbaines, Ouargla. –2015.
162. Keeler M., Vaidya P. Fundamentals of integrated design for sustainable building. – John Wiley & Sons, 2016.

163. Kim T, Park J. Natural ventilation with traditional Korean opening in contemporary house. [Print] / *Build envirom* 45 (1). –51-57 p.
164. Kouzmine Y. Dynamiques et mutations territoriales du Sahara algérien vers de nouvelles approches fondées sur l'observation : дис. – Université de Franche-Comté, 2007.
165. Kouzmine Y., Fontaine J. Démographie et urbanisation au Sahara algérien à l'aube du XXIe siècle //Les Cahiers d'EMAM. Études sur le Monde Arabe et la Méditerranée. – 2018. – №. 30. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://journals.openedition.org/emam/1426>
166. Kouzmine Y., Avocat H. L'eau et les territoires sahariens en Algérie, Mutations et enjeux //Colloque International Eau, Ville et Environnement. – 2007. – С. 255p.
167. Kottek M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. – 2006. –259-263 p.
168. Kunkel S. et al. Indoor air quality, thermal comfort and daylight //Analysis of residential building regulations in eight EU member states. – 2015.
169. Labasse J. L'économie des oasis, ses difficultés et ses chances //Géocarrefour. – 1957. – Т. 32. – №. 4. – С. 307-320. – [электронный ресурс]- Режим доступа: https://www.persee.fr/doc/geoca_0035-113x_1957_num_32_4_2188
170. Lalonde M. La crise du logement en Algérie: des politiques d'urbanisme mésadaptées. – 2010.
171. Lv J., Chen Z., Li X. Calcium Phosphate Paints for Full-Daytime Subambient Radiative Cooling //ACS Applied Energy Materials. – 2022. – Т. 5. – №. 4. – С. 41 17-41 24.
172. Laurent B. Un atlas du Sahara-Sahel, Géographie, économie et insécurité, [Print] / cahiers de l'Afrique de l'ouest, –OCDE. –2014.
173. Layachi A. Approches Anthro-Morphologiques Et Éco-Paysagères Des Cites Sahariennes. [Print] / USTO-MB. –2018. –66 p.
174. Layer House / Robson Rak Architects and Interior Designers. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.archdaily.com/871521/layer-house->

- robson-rak-architects-and-interior-designers?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения 10.02.2022).
175. Linn C. et al. Kinetic architecture: design for active envelopes. – Images publishing, 2014.
176. Mainguet M. Géographie des régions arides: Jean Dresch, avec la collaboration de Christiane Motsch, Géographie des régions arides //Annales de géographie. – Persée-Portail des revues scientifiques en SHS, 1984. – Т. 93. – №. 519. – С. 600-601.
177. Malaeb Z., Hachem H., Tourbah A., Maalouf T., El Zarwi N., Hamzeh F. 3D concrete printing: machine and mix design. [Print] / IJCIET. Volume 6. –Issue 6. – 2015. –14-22 p.
178. Malverti X., Picard A. Les villes coloniales fondées entre 1830 et 1870 en Algérie (II). Les tracés de ville et le savoir des ingénieurs du génie: дис. – Ministère de l'équipement et du logement/Bureau de la recherche architecturale (BRA); Ministère de la recherche; Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble, 1989.
179. Marre A. Le Sahara: Barrière ou pont?, Marc CÔTE, 2014. Numéro hors série de la revue Méditerranée , 158 p //Physio-Géo. Géographie physique et environnement. – 2014. – №. Volume 8. – С. 9-11.
180. McQuiston F. C., Parker J. D., Spitler J. D. Heating, ventilating and air-conditioning systems. [Print] / 6th ed. – 2005.
181. Mellion A. Le désert. [Print] /Hachette et cie. –1890.
182. Minke G. Building with Earth, design and Technology of a Sustainable Architecture. [Print] / Birkhäuser. –Publishers for Architecture, Berlin, 2006, 198 p.
183. Monodraught. Natural Ventilation, Harnessing the environment for building ventilation. [Print] / Monodraught Ltd. Buckinghamshire. –2018.
184. Monshizade A. The desert city as an ancient living example of ecocity. [Print] / The International Ecocity Conference, San Francisco, United States, 2008, 7 p.

185. Mouaziz-Bouchentouf N. Histoire et politique de l'habitat en Algérie. – 2018.
186. Moussaoui A. Espace et sacré au Sahara: Ksour et oasis du sud-ouest algérien. [Print] / CNRS, 2002.
187. Morel J. C. et al. Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome //Philosophical Transactions of the Royal Society B.– T. 376. – №. 1834. – 2021. – 5 p.
188. Morsier Y. A manual for Rammed earth building: our experience with rammed earth. [Print] / Desert Creek House, 2011.
189. Mortada H. Traditional Islamic principles of built environment. – Routledge, 2003.
190. Murrye B. Know Your Vocabulary: Passive House vs. Active House, buildipedia, Published in Construction materials and Methods, 2011. – [электронный ресурс]-
Режим доступа: <http://buildipedia.com/aec-pros/construction-materials-and-methods/know-your-vocabulary-passive-house-vs-active-house>
191. Naceur B. L'architecture Traditionnelle en Tunisie : L'habitat Rural. [Print]/ Rehabimed.
192. Nadarajah N. Development of concrete 3D printing. [Print] / Thesis (Mater of Science in Building Technology) Aalto University, 2018, 1 p.
193. Narayanan R. Heat-driven cooling technologies //Clean Energy for Sustainable Development. – Academic Press, 2017. – С. 191-212.
194. Naciri M. Les Ksouriens sur la route. Emigration et mutation spatiale de l'habitat dans l'oasis de Tinjdad //Annuaire de l'Afrique du nord. Habitat, Etat, Société au Maghreb. CNRS-CRESM Aix-en-provence. – 1986.
195. Naji S. Art et architectures berbères du Maroc: atlas et vallées présahariennes. – Eddif, 2009.
196. Noble A. Traditional buildings: a global survey of structural forms and cultural functions. –Bloomsbury Publishing, 2009.
197. Nicol F. et al. Allowing for thermal comfort in free-running buildings in the new European Standard EN15251 //Proceedings of 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation

- Technologies in the 21st Century. – 2007. – С. 708-11.
198. Nguyen A. T. et al. Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. [Print] //Frontiers of Architectural Research. – 2019. – Т. 8. – №. 4. – С. 535-548.
199. NREL. Own Your Power!, A Consumer Guide to Solar Electricity for the Home, U.S. Department of Energy. 2009. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/43844.pdf>
200. Observatoire du Sahara et du Sahel – OSS, La Surveillance environnementale dans le circum-Sahara, Synthèse régionale socio-économie, Tunis, 2013, 13 p. – [электронный ресурс]- Режим доступа: http://www.oss-online.org/sites/default/files/publications/OSS-SE-Synth-socio-economie_Fr.pdf
201. Oliver P. Encyclopedia of vernacular architecture of the world. [Print] / Cambridge University Press – 1997.
202. Oliver J. E. (ed.). Encyclopedia of world climatology. – Springer Science & Business Media, 2008.
203. Olukoya O. A. P., Kurt S. Environmental impacts of adobe as a building material: The north Cyprus traditional building case [Print] / Case Studies in Construction Materials 4, 2016. 34 p.
204. Oluwafemi K. A., Micheal A. A. Indoor Thermal Comfort for Residential Buildings in Hot-Dry Climate of Nigeria. [Print] / proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort Cumberland Lodge, Windsor, UK, London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings. 2010.
205. Othman Z., Aird R., Buys L. Privacy, modesty, hospitality, and the design of Muslim homes: A literature review //Frontiers of Architectural Research. – 2015. – Т. 4. – №. 1. – С. 12-23.
206. Rauss R. Le Sahara: limites géographiques-géographie des limites //Le Globe. Revue genevoise de géographie. – 1983. – Т. 123. – №. 1. – С. 73-92.
207. Ritchie H., Roser M. Urbanization //Our world in data. – 2018. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://ourworldindata.org/urbanization>

208. Paul Gut; Dieter Ackerknecht; Schweizerische Kontaktstelle für Angepasste Technik am ILE. [Print] / Climate responsive building, St. Clair Gallen, Switzerland: SKAT, 1993.
209. Peel M. C., Finlayson B. L., McMahon T. A., Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. [Print] / Hydrology and Earth System Sciences, 11 (5), 2007, 1633–1644 p.
210. PEWFORUM. Religion & Public Life, Pew Forum on Religion & Public Life / Islam and Christianity in Sub-Saharan Africa (Report). [Print] / United Nations, 2010.
211. Piasecki M. et al. Experimental confirmation of the reliability of Fanger's thermal comfort model—Case study of a near-zero energy building (NZEB) office building //Sustainability. – 2019. – T. 11. – №. 9. – C. 11.
212. Picard A. Architecture et urbanisme en Algérie. D'une rive à l'autre (1830-1962) //Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée. – 1994. – T. 73. – №. 1. – C. 121-136.
213. Pliez O. Villes du Sahara: urbanisation et urbanité dans le Fezzan libyen. – CNRS Éditions via OpenEdition, 2013, 4 p.
214. Pliez O. SAHARA, Ceci n'est pas un désert!. [Print] / Café géographique à Toulouse, 2013.
215. Preciado A. et al. Performance of a self-build rammed earth house in a high seismic zone of Mexico //Proceedings of the 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions (PROHITECH), July. – 2017. – C. 12-15.
216. Priemus H. Flexible housing: fundamentals and background //Open House International. – 1993. – T. 18. – №. 4. – C. 19-26.
217. Rashid M., Ara D. R. Modernity in tradition: Reflections on building design and technology in the Asian vernacular //Frontiers of Architectural Research. – 2015. – T. 4. – №. 1. – C. 46-55.
218. Reddy B. V. et al. Codes and Standards on Earth Construction //Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements. – Springer, Cham, 2022. – C. 243-259.

219. Rigassi V. et al. Compressed earth blocks: Manual of production //CRAterre-EAG, GATE. – 1985. – Т. 1.
220. Ritchie H., Roser M. Urbanization //Our world in data. – 2018. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ourworldindata.org/urbanization> (дата обращения: 17.07.2022г.).
221. Robert C. Thermally Active Building Systems Explained, TABS, Thermal Comfort, Uponor Hong Kong Limited, 2016. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://web.uponor.hk/radiant-cooling-blog/thermally-active-building-systems-explained/> (дата обращения: 11.02.2022г.).
222. Ross R. The Sahara: Earth's Largest Hot Desert //LiveScience. January. – 2019. – Т. 25. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.livescience.com/23140-sahara-desert.html>.
223. Roux M. Sahara: géographie de l’imaginaire //Mappemonde. – 1991. – Т. 22. – №. 2. – С. 8-11.
224. Salim M. Terre crue : stabilisation naturelle. [Print] / ENSAPM, Département Transitions, Paris, Séminaire de recherche, 2017.
225. Samir A. Les Maisons À Patio, Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. [Print] / ICOMOS, France, 2011, 282 p.
226. Sanja P. Z., Amira S., Rosemann A. L. P. Towards a contemporary vernacular building envelope. [Print] / Conference: S.arch-2016, Budva Montenegro, 2016, 1-13 p.
227. Sakr M. M. Learning Lessons from Matmata //Proceedings SB10 Amman: Sustainable Architecture and Urban Development. – 2010. – Т. 1. – С. 283-296.
228. Saqaff A. Alkaff, S. C. Sim N, M.N. Ervina Efzan. A review of underground building towards thermal energy efficiency and sustainable development. [Print] / Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 2016.
229. Sarah E. Vernacular Architecture and the 21st Century, 2011. – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.archdaily.com/155224/vernacular-architecture-and-the-21st-century> (дата обращения: 11.03.2021г.).

230. Sayigh A. (ed.). Sustainable vernacular architecture: how the past can enrich the future. – Springer, 2019. – 55 p.
231. Schumacher E. F. Small Is Beautiful: Economics as if People Mattered. [Print] / HarperPerennial. London. 1973. – 325 p.
232. Semary El. Ya., Attalla H., Gawad I. Modern Mashrabiya with High-Tech Daylight Responsive Systems // International Journal on Archive Proceedings of Academic Research Communit. 2017. No. 1(1). – [электронный ресурс]- Режим доступа: <https://ssrn.com/abstract=3055622> (дата обращения: 23.03.2022г.).
233. Sharma A., Dhote K. K., Tiwari R. Climatic responsive energy efficient passive techniques in buildings //IE (I) Journal-AR. – 2003. – Т. 84. – С. 17.
234. Shraim M. A. Hospitality and Visibility in Domestic Space: An Analysis of Visual Separation Between the Men's and Women's Domains of Domestic Space in Riyadh. [Print] / (Doctor of Philosophy/ Thesis), Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, USA, 2000.
235. Souhir H. Relecture d'un habitat troglodytique à Matmata. [Print] / université de Carthage, 2016, 53 p.
236. Sriti L., Tabet-Aoul K. Evolution des Modèles D'habitat et Appropriation de L'espace Le cas de L'architecture Domestique dans les Ziban. [Print] / Courrier du Savoir – N°05, 2004, 23 p.
237. Sriti L., Belakehal A., Boussora K., Saouli A.Z. Le Damier Colonial de Biskra ou L'histoire de la Marginalisation d'un Centre Ville. [Print] / Courrier Du Savoir. N°02, 2002, 53-59 p.
238. Steele J., Badran R. The architecture of Rasem Badran: narratives on people and place. – New York, NY: Thames & Hudson, 2005.
239. Steyn G. African courtyard architecture: Typology, art, science and relevance //Acta Structilia: Journal for the Physical and Development Sciences. – 2005. – Т. 12. – №. 2. – С. 112.
240. Sundarraja M. C., Radhakrishnan S., Priya R. S. Understanding vernacular architecture as a tool for sustainable built environment. – 2010.

241. Szokolay, S. Introduction to Architectural Science. [Print] / Architectural Press Elsevier, UK. 2014.
242. Taïeb M. La structure urbaine d'Alger: Éléments pour les études urbaines en pays sous-développés //Annales de Géographie. – Armand Colin, 1971. – C. 33-44.
243. Troy D. Manning,. Ivan P. Parkin,. Martyn E. Pemble, David Sheel, and Dimitra Vernardou. Intelligent Window Coatings: Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition of Tungsten-Doped Vanadium Dioxide. [Print] / Chem. Mater. 2004, 16, 744-749 p.
244. Thomas N., Nigam S. Twentieth-century climate change over Africa: Seasonal hydroclimate trends and Sahara Desert expansion //Journal of Climate. – 2018. – T. 31. – №. 9. – C. 3349-3370.
245. UNEP. Atlas of Africa Energy Resources, [Print] / United Nations Environment Programme, 2017.
246. Vérité J. Le matériau Terre: réalités et utopies : дис. – Université de Paris 8, 1984.
247. Vefik A. Vernacular Climate Control in Desert Architecture, [Print] / Energy and Buildings, 1990, 809 p.
248. Wanek C. (ed.). The art of natural building: design, construction, resources. – New Society Publishers, 2015.
249. Walker P. The Australian earth building handbook //The Australian Earth Building Handbook. – SAI Global Limited, 2002.
250. Wafer R. P. L' adobe, une solution durable pour la construction d' habitations écologiques dans une zone à forte activité sismique comme le Chili //Université de Sherbrooke, Québec, Canada. – 2010.
251. Wines, J. Green Architecture. [Print] / Taschen: Cologne, Germany; London, UK, 2000.
252. Weber W., Yannas S. (ed.). Lessons from vernacular architecture. – London : Routledge, 2014. – T. 2.

253. Xiaoming W., Shangyou N., Yunshi W. Special Report 1: A Study of China's Energy Supply Revolution //China's Energy Revolution in the Context of the Global Energy Transition. – Springer, Cham, 2020. – C. 133.
254. Xu W. et al. Toward automated construction: The design-to-printing workflow for a robotic in-situ 3D printed house //Case Studies in Construction Materials. – 2022. – T. 17. – C. e01442.
255. Zhai Z., Previtali J. M. Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation. [Print] / energy and buildings, 42, 2010, 357–365 p.
256. الخولي، محمد بدر الدين. المؤثرات المناخية والعمارة العربية. جامعة بيروت العربية، 205ص، 1975.
257. أي سالم حافظ الديب. التصميم البيومناخي كإحدى مبادئ التنمية المستدامة، جامعة الإسكندرية.
258. جبار حميدي محيسن الربيعي. الرسوم الصخرية لعصور ما قبل التاريخ في ليبيا، جامعة القادسية، 2016.
259. رأفت، عمي. ثلاثية الإبداع المعماري (البيئـة والفراغ). مطابع دار التحرير، القاهرة ، 448 ص، 2003.
260. شفق الوكيل، محمد سراج. المناخ وعمارة المناطق الحارة. عالم الكتب للنشر، 1989.
261. صالح لمعي، القباب في العمارة الإسلامية. دار النهضة العربية للنشر، بيروت.
262. غالب، عبد الرحيم. موسوعة العمارة الإسلامية. بيروت ، جروس برس ، 1988 م.
263. فادي القطيني. مزاحم زُن الدُّ. طالب دُوب، التكوين الخارجي للمبنى وتأثيره على الراحة الحرارية للمستعملين , مجلة جامعة البعث – المجلد 83 – العدد 8 - 2016 م.
264. فتحي حسن ، الطاقات الطبيعية و العمارة التقليدية، مكان النشر: بيروت ، 1988.
265. محمد عبدالله السقاف. أثر التصميم البيئي للمباني السكني الخضراء في توفير الراحة الحرارية والطاقة الكهربائية، مجلة الأندلس للعلوم الاجتماعية والتطبيقية، العدد التاسع المجلد، 2003.
266. محمد جاسم الخليفة. العمارة التقليدية في قطر، هيئة أبوظبي للثقافة والتراث، الدوحة، 2003.
267. نياية عبد الرحمن حسين نعمان. أثر الجوار في تقييد التصرف في الملك في الفقه الإسلامي، درجة الماجستير في الفقه والتشريع، كلية الدراسات العليا في جامعة النجاح الوطنية في نابلس، فلسطين، 2012.
268. وزير، يحيى حسن. تطبيقات عمى عمارة البيئـة. الطبعة الأولى، مكتبة مدبولي، القاهرة، 163ص، 2003.

Нормативные документы:

269. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт. Дата введения 2013-01-01.

270. ГОСТ Р 51595-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Общие технические условия. – Введ. 21.04.2000. – М., ИПК Издательство стандартов, 2000.
271. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения. – Введ. 01.01.2001. – М., ИПК Издательство стандартов, 2000.
272. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076 01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. – введ. 01.02.2002. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России № 2002, 2002. – 8 с.
273. СНиП 2.08.01-89 . Жилые здания. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989.
274. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. – Взамен 23-101-2000; введ.1.06.2004. - М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 3 с.
275. СП 35-105-2002 Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения // ЭПС "Система ГАРАНТ". - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030683> (дата обращения 02.03.2022г.).
276. СП 370.1325800.2017: Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования. – введ. 06.06.2018. – М.: Минстрой России, 2017. – 68 с.
277. СП 42.13330.2011: Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. – введ. 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2010. – 9 с.
278. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 / Свод правил № 54.13330.2011.
279. СП 55.13330.2016: Дома жилые одноквартирные. актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. – введ. 21.04.2017. - М.: Минстроя России, 2018.
280. JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) n°52, (1990) le décret exécutif n° 90-29, Alger le 01.12.1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme.

281. JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) n° 26, (1991), le décret exécutif n° 91-175, Alger le 28.05.1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction.
282. JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) n° 52 (2004), la loi n° 04-09, Alger le 14.08.2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- РИС. 1** Карта пустыни Сахары, 1 : 42 300 000 (рисунки автора).
- РИС. 2** Повторный анализ NCEP / NCAR в Северной Африке в течение 1-15 августа 2007 г., показывающий градиенты температуры (слева) и влажности (справа) между прохладным влажным Гвинейским заливом и сухой пустыней Сахары (NCEP, NCAR, 2007).
- РИС. 3** Общее вид городов Сахары. а – ксар Гардая, Алжир; б – ксар Гадамес, Ливия; в – Тимбукту, Мали (George Steinmetz).
- РИС. 4** Ксар Айт Бен Хадду, Марокко (Nadia Stoti, 2016).
- РИС. 5** Город Хуари Бумедьен, Бешар, Алжир (арх. Рикардо Бофилл, 1980).
- РИС. 6** Типы распространение ИЖЗ застройки в городах Сахары. а, б – застройки улиц блокированными домами; в – групповая застройка; г – застройки домами с участками «отделено стоящие дома» (рисунки автора).
- РИС. 7** Схема концепции в отношении общественных и частных пространств (рисунки автора).
- РИС. 8** Типы основных планировок традиционных домов в пустыне Сахара. а – патио дом; б – литосферные дома; в – Сахель дом (рисунки автора).
- РИС. 9** а – традиционный дом в Оулате, Мавритания; б – Патио дом в Касба, Марокко; в – Патио традиционный дом в Гардая, Алжир; г – дом-патио (дом Шериф Хассани Сиди Ибрагим), Кенадса, Алжир – URL: <http://quintessences.unblog.fr/2014/02/11/-taddart-ou-la-maison-traditionnelle-du-mzab/> (дата обращения 05.12.2022).
- РИС. 10** Примеры фасад традиционного дома в пустыне Сахара: а – Ксар Тагит, Алжир; б – Тишит, Мавритания; в – Ксар Гардая, Алжир; г – Тимбукту, Мали (рисунки автора).
- РИС. 11** Эволюция количества публикаций по традиционной архитектуре [198, с. 537].
- РИС. 12** Солнцезащитные устройства в традиционных домах (арх. Хасан Фатхи, Египет).
- РИС. 13** Типы традиционных ветроуловителей: а (1-2)– однонаправленный ветроуловитель; б – двунаправленный ветроуловитель; в – разнонаправленный ветроуловитель (рисунки автора).
- РИС. 14** а – инфракрасные тепловизионные изображения коммерческого покрытия (Sp2), картонной подложки (Sp1) и покрытия Ca₃(PO₄)₂ (Sp3), б – фотографии тестируемых покрытий, в – инфракрасное изображение трех покрытий после 20-дневного воздействия [171, с. 22].
- РИС. 15** Модель развития концепции народной архитектуры [106].
- РИС. 16** Различные типы прессованных глинобитных блоков [61].

- РИС. 17** Кинетический фасад здания Kiefer Technic (Австрия): а–д) варианты трансформации фасада (архитектурная студия Ernst Giselbrecht + Partner, 2007) [40].
- РИС. 18** Иллюстрация процесса строительства зданий с помощью 3D-печати [254].
- РИС. 19** Уровни армирования различных элементов здания [133].
- РИС. 20** Принцип адаптивности ИЖЗ (схема автора).
- РИС. 21** Принцип социокультурной обусловленности ИЖЗ (схема автора).
- РИС. 22** Принцип трансформации и рациональной функциональной организации (схема автора).
- РИС. 23** Принцип экологической безопасности и «устойчивости» (схема автора).
- РИС. 24** Принцип эффективного использования современных технологий (схема автора).
- РИС. 25** Матрица взаимодействия функциональных связей ИЖЗ (схема автора).
- РИС. 26** Принцип работы солнечного коллектора жилого дома (схема автора).
- РИС. 27** Способов интеграции объектов солнечной энергетики в архитектуру ИЖЗ. а– над крышей; б– на зубчатой крыше; в– на фасаде; г– интегрирован в крышу; д– над землей (илл. автора).
- РИС. 28** Сравнительный анализ использования регулируемых солнцезащитных устройств и стационарных солнцезащитных устройств в зависимости от сезона (схема автора).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТАБЛИЦЫ И ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ

ТАБЛИЦА 1.1

Анализ климатических условий пустыни Сахара (дожди, солнечная инсоляция и ветры)

Рис. 1 Карта суммарной солнечной радиации в пустыне

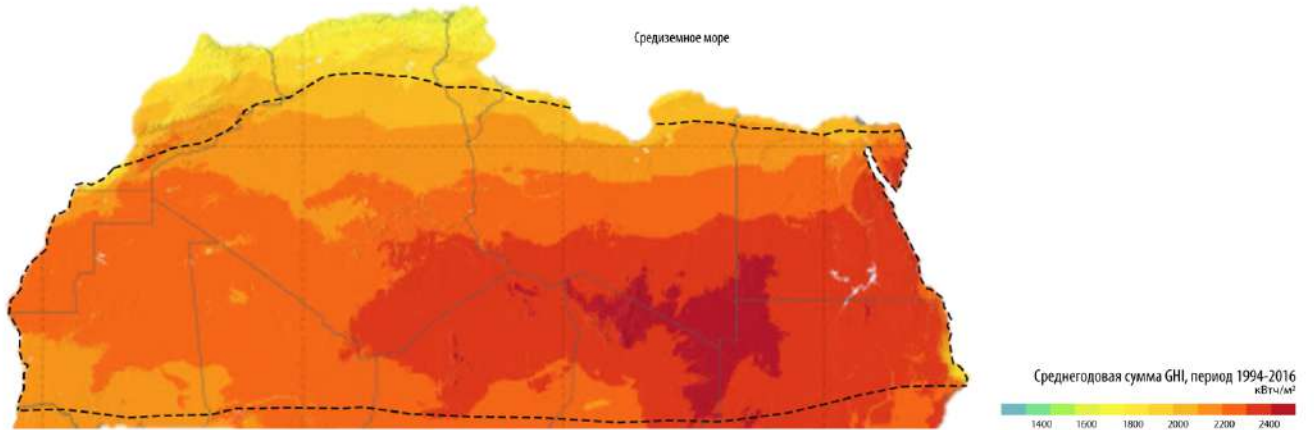


Рис. 2 Среднегодовое количество осадков в пустыне

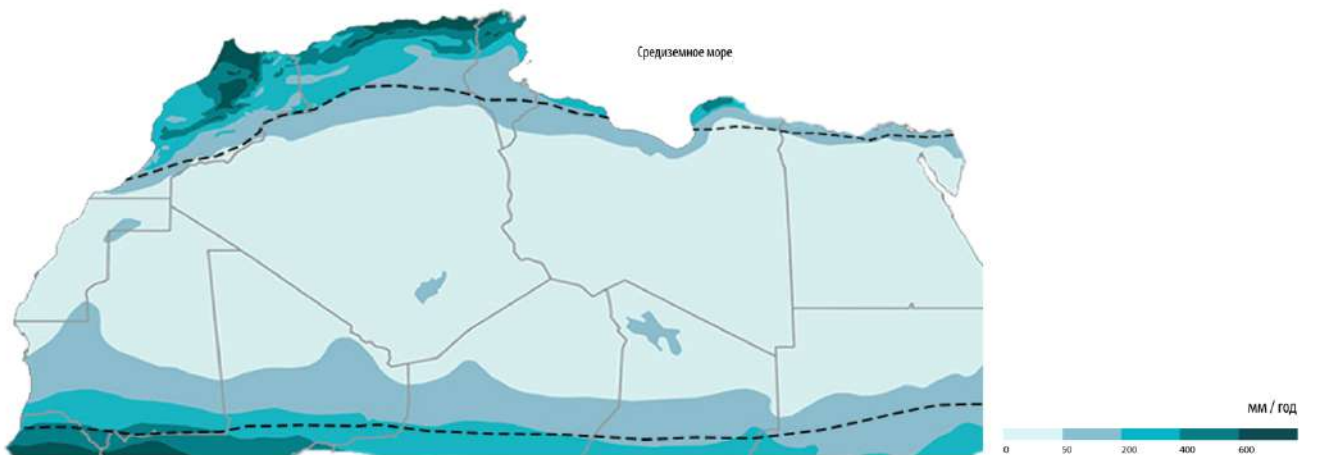


Рис. 3 Карта распределения среднегодовой скорости ветра на территории пустыни

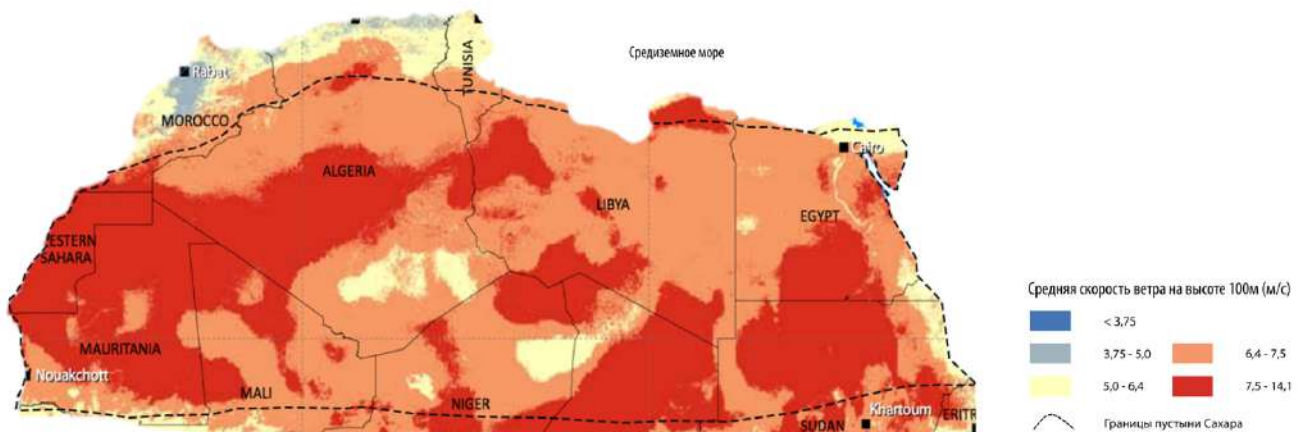


ТАБЛИЦА 1.2

Факторы, влияющие на архитектурное формирование ИЖЗ на территории пустыни Сахара

Рис. 1 Города и маршруты в пустыне Сахара

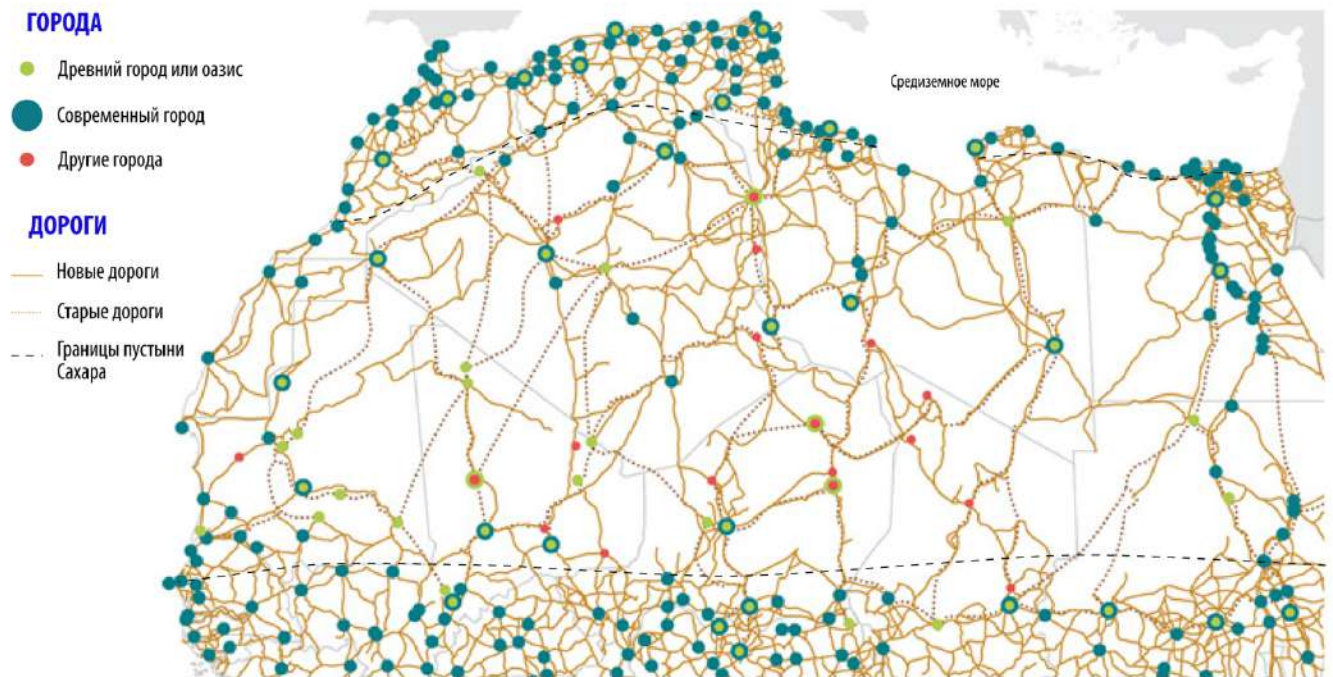


Рис. 2 Размещение населения в пустыне

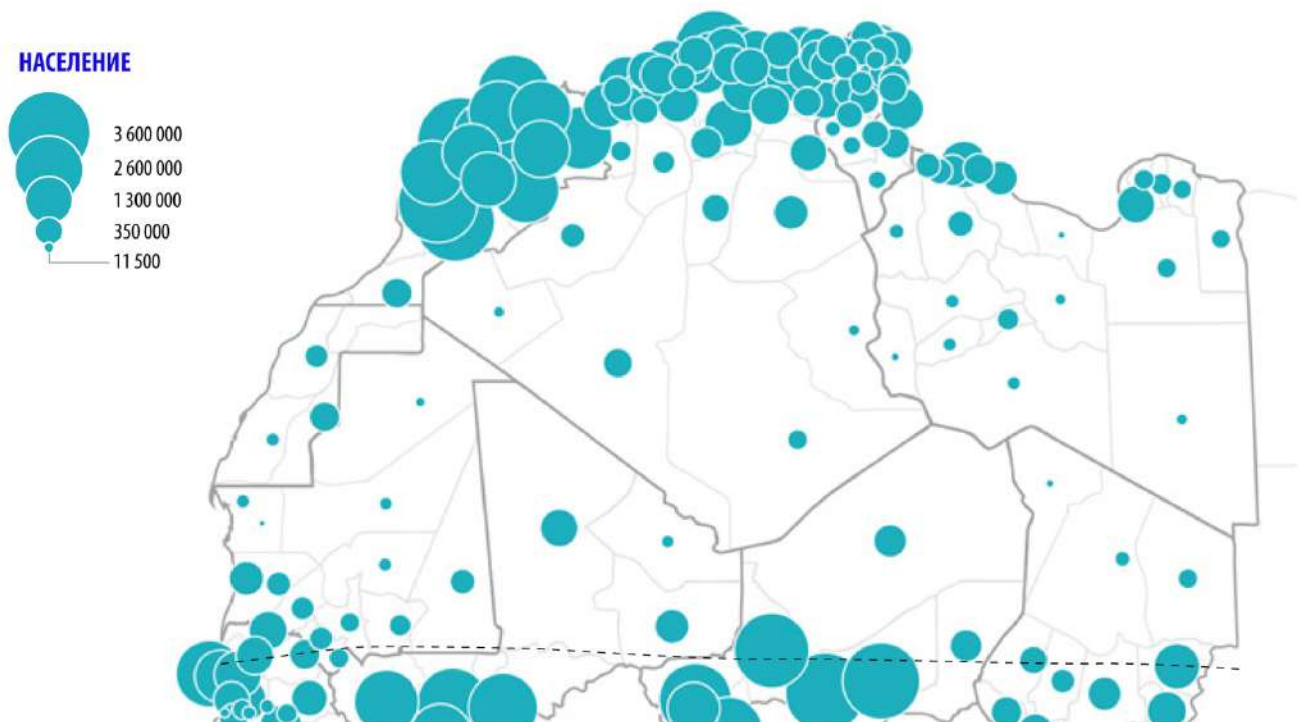







ТАБЛИЦА 1.3
 Анализ градостроительного развития городов Сахары (период VI - XIX в.в.)

КОНЦЕПЦИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЗАСТРОЙКИ

-  Мечеть
-  Социально-экономическая центральность (рынок)
-  Вадии (сухие русла рек)
-  Пальмовая роща
-  Ксар



«« Направление развития города

КСАР - ГАРДАЯ (АЛЖИР)
 XI Век

КСАР-ГАДАМЕС (ЛИВИЯ)
 XIII Век

КАСБА - АЙТ БЕНХАДДУ, (МАРОККО)
 XI Век

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



ОБЩИЙ ВИД (аэрофотосъемка)

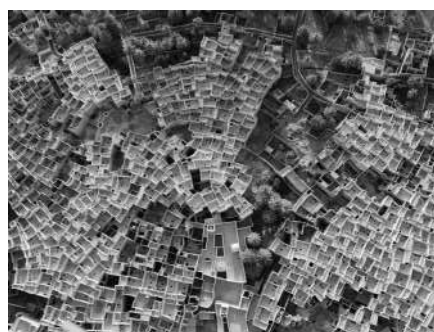


ТАБЛИЦА 1.4

Анализ исторического и градостроительного развития городов Сахары (колониальный период).

КОНЦЕПЦИЯ КОЛОНИАЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ

- Общественная площадь
 - Социально-экономическая центральность (рынок)
 - Вадь (сухие русла рек)
 - Пальмовая роща
 - Ксар
 - Колониальный город
- Миграция (выход населения из ксара)
 Направление развития города



БИСКРА (АЛЖИР) XX Век.	ИСМАИЛИЯ, (ЕГИПЕТ) XIX ВЕК.	КОЛУМБ-БЕШАР (АЛЖИР) XX Век.
----------------------------------	---------------------------------------	--

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



ОБЩИЙ ВИД (аэрофотосъемка)



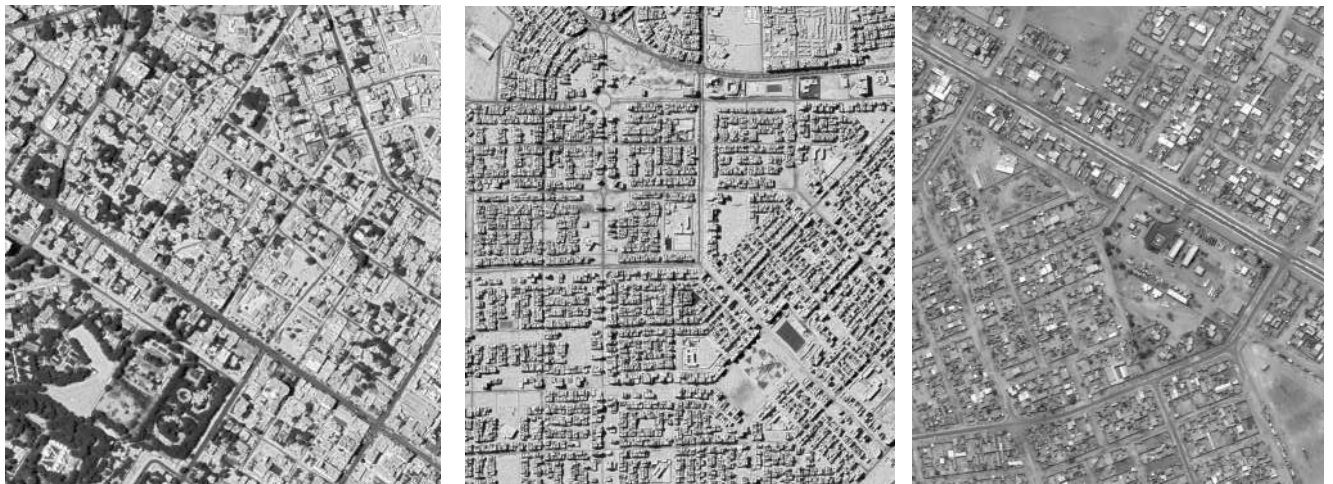
ТАБЛИЦА 1.5
 Анализ исторического и градостроительного развития городов Сахары (пост-колониальный период)

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТ-КОЛОНИАЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ



НУАКШОТ (МАВРИТАНИЯ) XXI Век	ЭЛЬ-АЮН (ЗАПАДНАЯ САХАРА) XXI Век	АГАДЕС (НИГЕР) XX-XXI Век
---------------------------------	--------------------------------------	------------------------------

СПУТНИКОВАЯ ФОТОГРАФИЯ ГОРОДА



ОБЩИЙ ВИД (аэрофото съемка)



ТАБЛИЦА 1.6
 Развитие генеральный план г. Адрар (Алжир), в виде трех основных типов застройки
 (традиционная, колониальная, постколониальная)

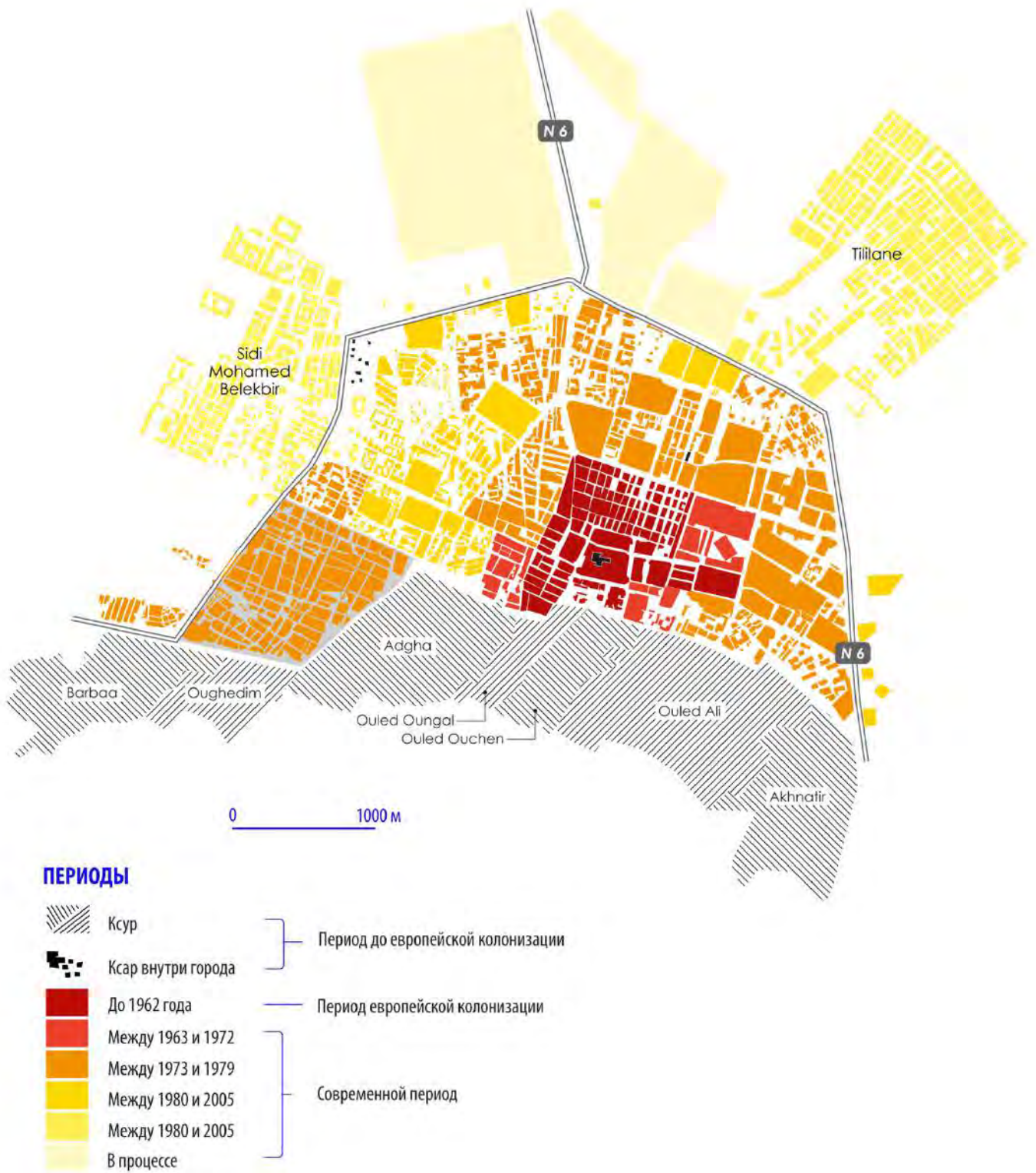


ТАБЛИЦА 1.7

Анализ городских проблем жилых районов в городах пустыни Сахара


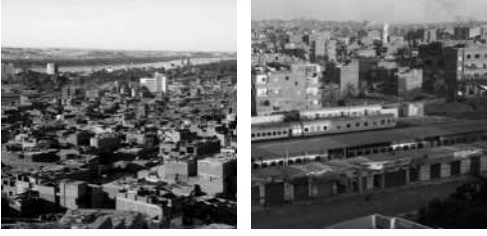




ГОРОД	ГОРОДСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	ИЗОБРАЖЕНИЕ (аэрофотосъемка)
Агадес, Нигер	<p>Низкий уровень обеспечения инженерной и транспортной инфраструктурой;</p> <p>Большие объемы городских свалок;</p> <p>Незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов домов;</p> <p>Низкий уровень обеспечения водоснабжением и канализацией ИЖЗ.</p>	
Асуан, Египет	<p>Отсутствие детских площадок, малых архитектурных форм, хозяйственных площадок в жилых кварталах, рекреационных зон;</p> <p>Отсутствие асфальтированных дорог;</p> <p>Большие объемы городских свалок;</p> <p>Незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов домов.</p>	
Дахла, Западная Сахара	<p>Низкий уровень пространственно-функциональной организации жилых зон;</p> <p>Низкий уровень обеспечения солнцезащиты и озеленения ИЖЗ;</p> <p>Незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов домов.</p>	
Нуакшот, Мавритания	<p>Трущобы (бидонвили) и стихийные районы;</p> <p>Низкий уровень обеспечения солнцезащиты и озеленения</p> <p>Беспорядочная жилая застройка;</p> <p>Отсутствие детских площадок, малых архитектурных форм, хозяйственных площадок в жилых кварталах, рекреационных зон.</p>	
Томбукту, Мали	<p>Отсутствие инженерной инфраструктуры (например – дождевой канализации, теплоснабжения, газоснабжения);</p> <p>Анархическая урбанизация, трущобы (бидонвиль);</p> <p>Отсутствие детских площадок, малых архитектурных форм, хозяйственных площадок в жилых кварталах.</p>	
Эль-Уэд, Алжир	<p>Отсутствие детских площадок, малых архитектурных форм, хозяйственных площадок в жилых кварталах, рекреационных зон;</p> <p>Низкий уровень обеспечения солнцезащиты и озеленения;</p> <p>Незавершенность или отсутствие единого архитектурного решения фасадов домов.</p>	

ТАБЛИЦА 1.8

Анализ обеспеченности озелененными территориями застроек городов Сахары

А-1. Жилая группа AADL 100
Туггурте, Алжир
2004



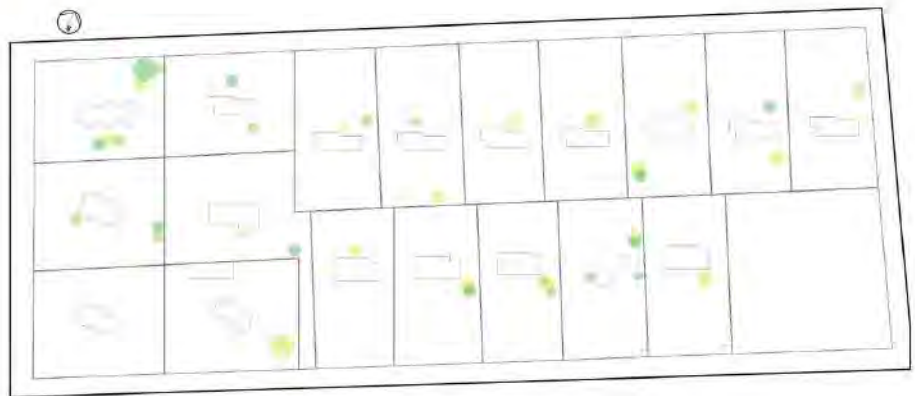
Площадь участка
24000 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
440 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют

2%

А-2. Жилая группа университета
Агадес, Нигер
2014

Площадь участка
33600 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
3000 кв. м



Озелененные территории
площади участка
составляют

9%

Б-1. Квартал Аль-Салам
Таманрассет, Алжир
2016-2020



Площадь участка
64000 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
300 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют

0.5%

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.8

Б-2. Квартал Аль-Кахира
Сабха, Ливия
2010


Площадь участка
117000 кв. м
Площадь зеленых насаждений
3000 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют


Б-3. Квартальная застройка района
Тафилелт, Гардая, Алжир
1997-2006

Площадь участка
225000 кв. м
Площадь зеленых насаждений
22400 кв. м



Озелененные территории
площади участка
составляют


Б-4. 300 домов Тилилан
Адрар, Алжир
2007


Площадь участка
86600 кв. м
Площадь зеленых насаждений
2700 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют



ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.8

Б-5. Квартал Хуари Бумедьен
Абадлла, Алжир
1980



Площадь участка
110000 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
1300 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют

23%

Б-6. Квартал Шохдаа 16 Февраль.
Гадамес, Ливия
1980-1997

Площадь участка
83910 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
1800 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют

2%



Б-7. Квартал Аль Рехаб
Новый Каир, Египет
2002 – 2009 гг.

Площадь участка
112800 кв. м
 Площадь зеленых насаждений
45000 кв. м

Озелененные территории
площади участка
составляют

38%



ТАБЛИЦА 1.9

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

А-1. Жилая группа AADL 100 Туггурте, Алжир (2004)

**24000 кв. м**

Площадь участка

7750 кв. мПлощадь пятна
застройки**0,32**Коэффициент
застройки**100**Количество
домов**550 кв. м**Площадь озелененных
и игровых площадок**2 %**

Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

33.0676 N**6.0485 E**

Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 8 до 9 часов

Время инсоляции

ФОТОФИКСАЦИЯ

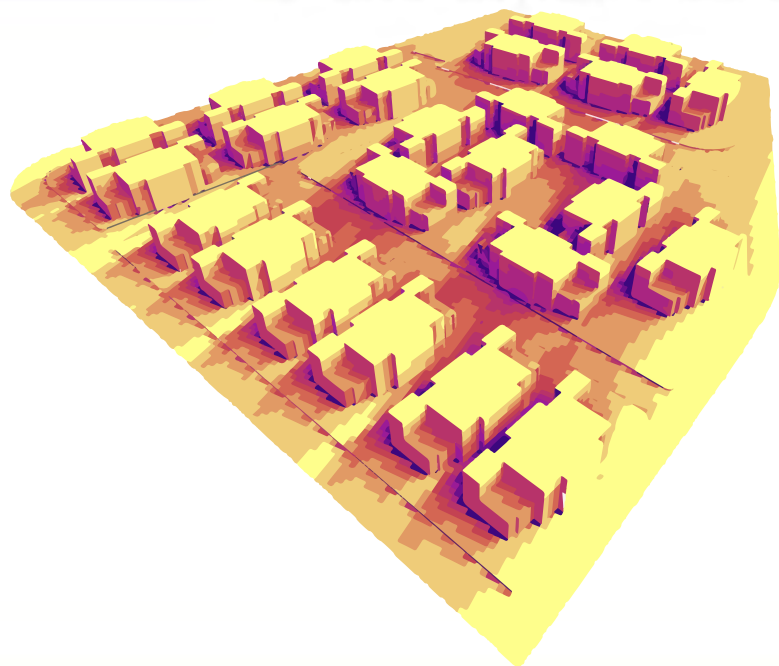


ТАБЛИЦА 1.10

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

А-2. Жилая группа университета Агадес, Нигер (2014)



33600 кв. м	2500 кв. м	0,07	18	0 кв. м	3.4 %
Площадь участка	Площадь пятна застройки	Коэффициент застройки	Количество домов	Площадь озелененных и игровых площадок	Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

16.97402 N**8.0022 E**

Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 17 до 18 часов

Время инсоляции

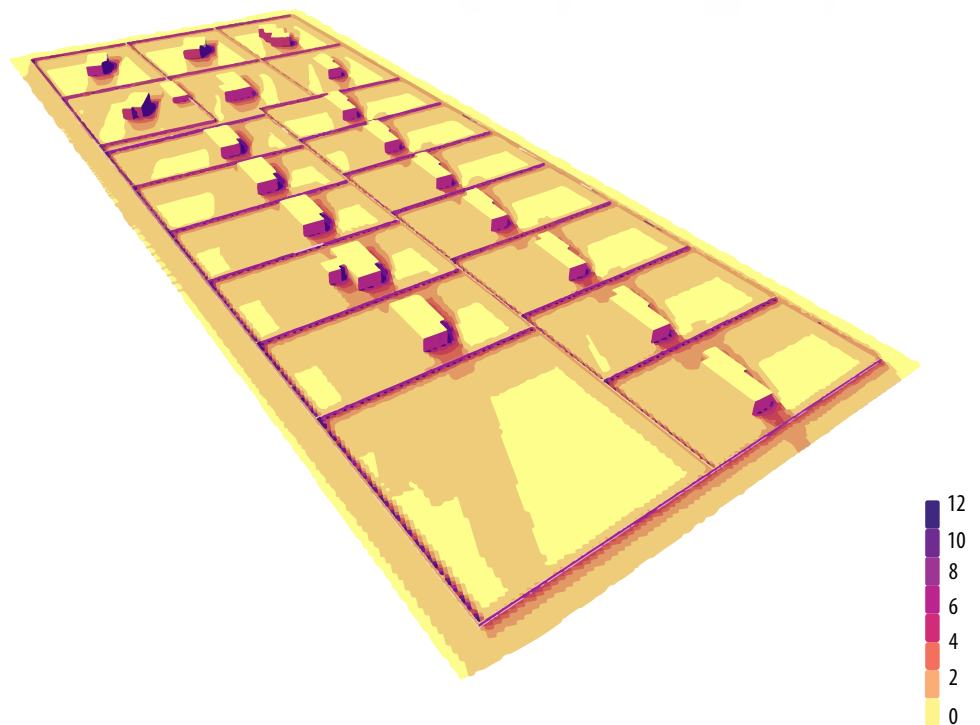


ТАБЛИЦА 1.11

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-1. Квартал Аль-Салам Таманрассет, Алжир (2016-2020)

**65000 кв. м**

Площадь участка

39100 кв. мПлощадь пятна
застройки**0,60**Коэффициент
застройки**338**Количество
домов**600 кв. м**Площадь озелененных
и игровых площадок**2.8 %**

Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

2.77247 N**5.5578 E**

Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 9 до 10 часов

Время инсоляции

ФОТОФИКСАЦИЯ

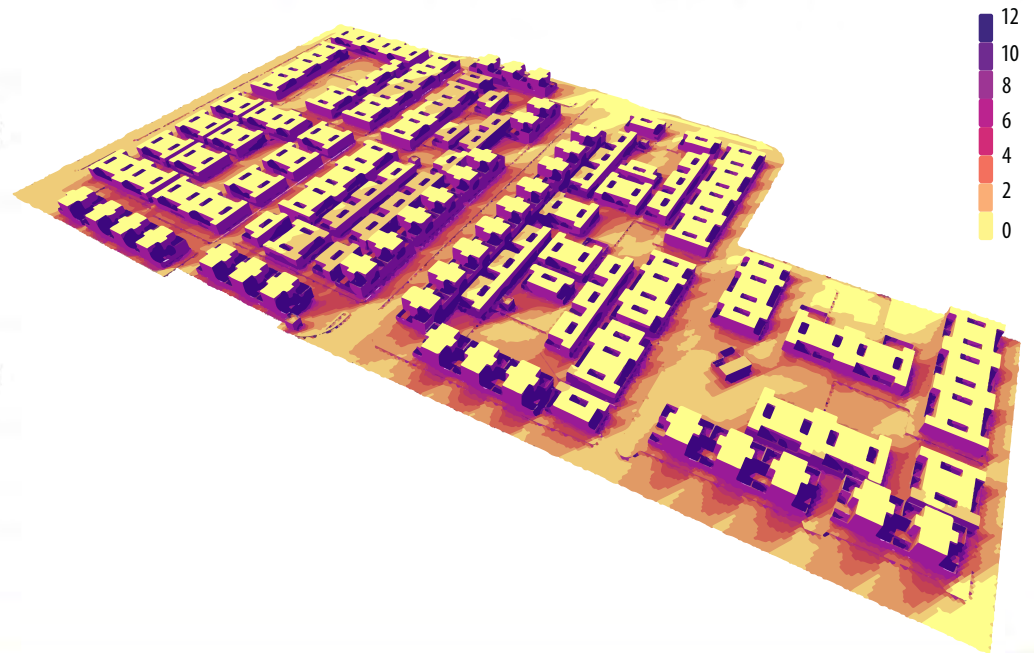


ТАБЛИЦА 1.12

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

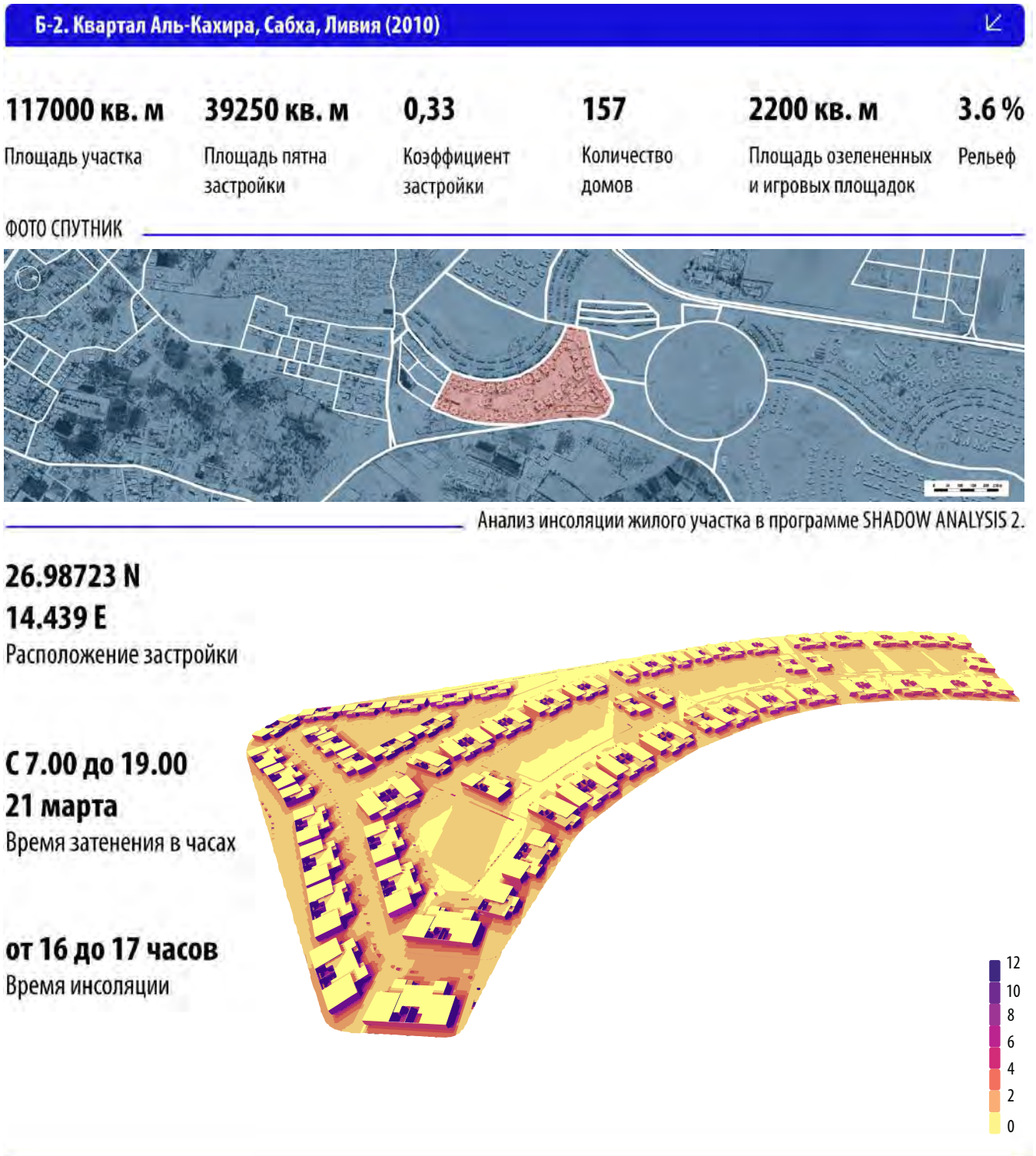


ТАБЛИЦА 1.13

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-3. Квартальная застройка района Тафилелт, Гардая, Алжир (1997-2006)

225000 кв. м	79670 кв. м	0,35	870	38200 кв. м	17 %
Площадь участка	Площадь пятна застройки	Коэффициент застройки	Количество домов	Площадь озелененных и игровых площадок	Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

32.46027 N**3.6911 E**

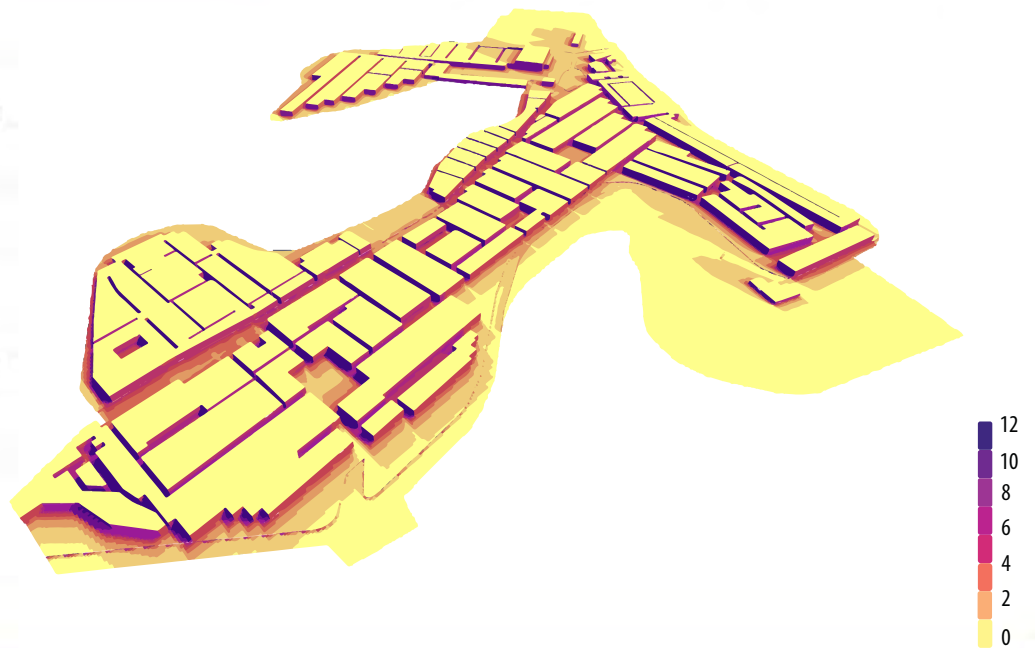
Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 8 до 9 часов

Время инсоляции



ФОТОФИКСАЦИЯ

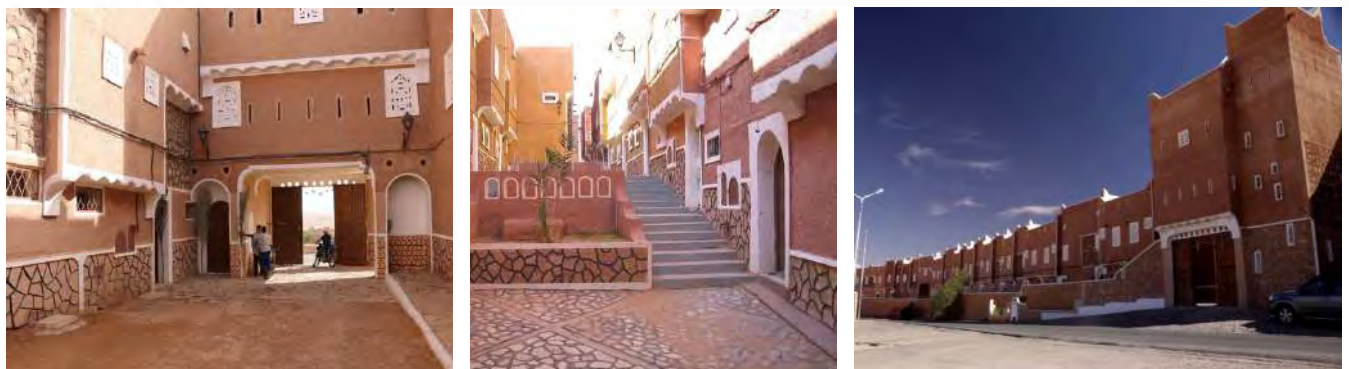


ТАБЛИЦА 1.14

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-4. 300 домов Тилилан, Адрар, Алжир (2007)

**86600 кв. м**

Площадь участка

35900 кв. мПлощадь пятна
застройки**0,41**Коэффициент
застройки**300**Количество
домов**1000 кв. м**Площадь озелененных
и игровых площадок**1.2 %**

Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

27.88224 N**-0.2641 E**

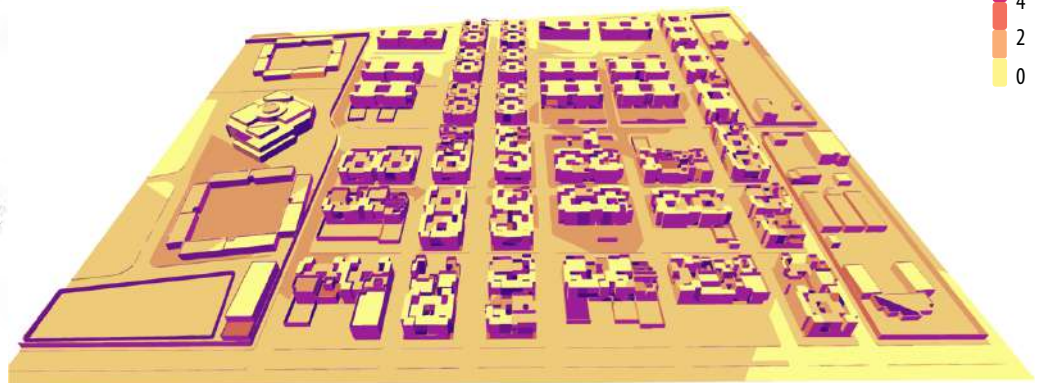
Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 8 до 9 часов

Время инсоляции



ФОТОФИКСАЦИЯ



ТАБЛИЦА 1.15

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-5. Квартал Хуари Бумедьен, Абадлла, Алжир (1980)



110000 кв. м	74000 кв. м	0,67	368	9800 кв. м	1,5 %
Площадь участка	Площадь пятна застройки	Коэффициент застройки	Количество домов	Площадь озелененных и игровых площадок	Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

30.93175 N**-2.7356 E**

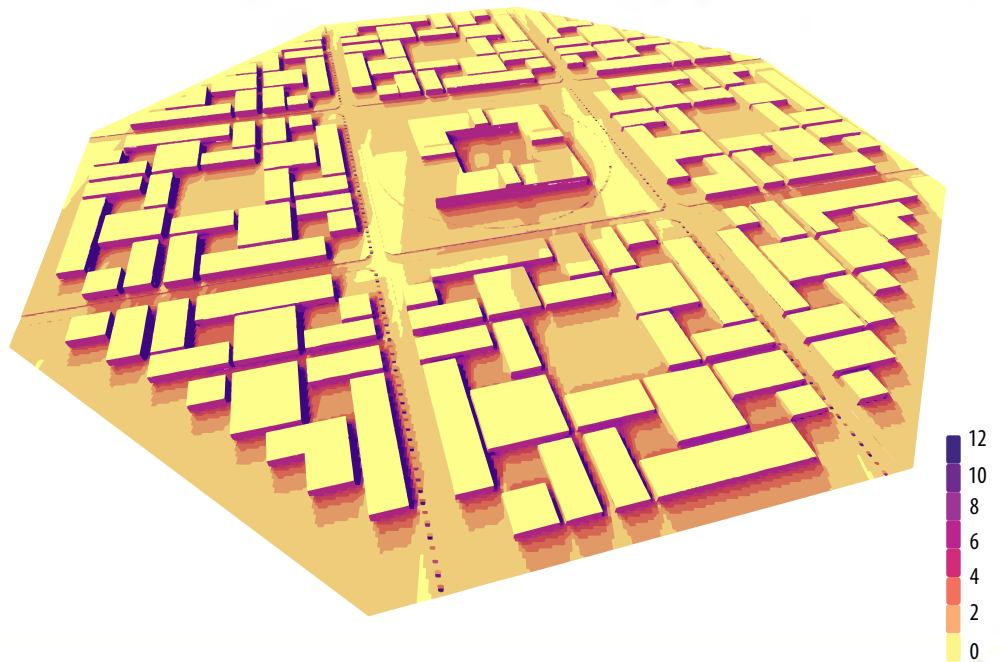
Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 9 до 10 часов

Время инсоляции



ФОТОФИКСАЦИЯ

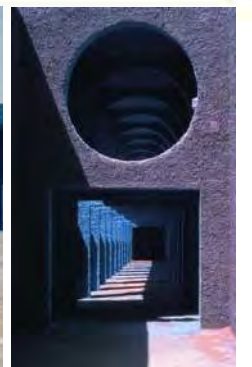


ТАБЛИЦА 1.16

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-6. Квартал Шохадаа 16 Февраль, Гадамес, Ливия (1980-1997)

**83910 кв. м**

Площадь участка

52500 кв. мПлощадь пятна
застройки**0,62**Коэффициент
застройки**200**Количество
домов**1800 кв. м**Площадь озелененных
и игровых площадок**3.4 %**

Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

30.12590 N**9.4955 E**

Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 11 до 12 часов

Время инсоляции

ФОТОФИКСАЦИЯ

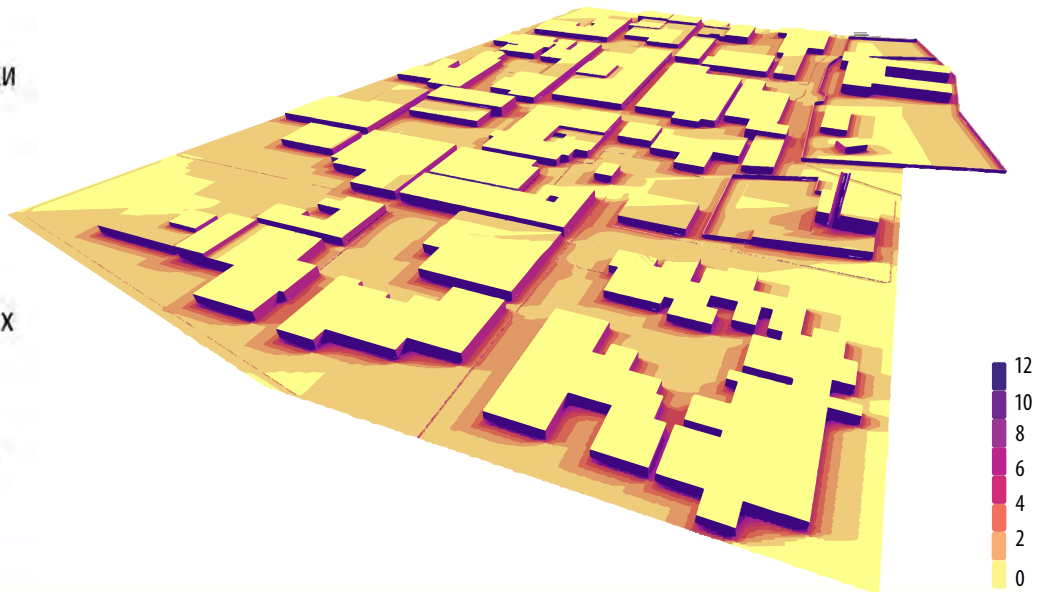


ТАБЛИЦА 1.17

Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп

Б-7. Квартал Аль Рехаб, Новый Каир, Египет (2002 – 2009 гг.)



112800 кв. м	32000 кв. м	0,28	111	4000 кв. м	3 %
Площадь участка	Площадь пятна застройки	Коэффициент застройки	Количество домов	Площадь озелененных и игровых площадок	Рельеф

ФОТО СПУТНИК



Анализ инсоляции жилого участка в программе SHADOW ANALYSIS 2.

30.05743 N**31.4784 E**

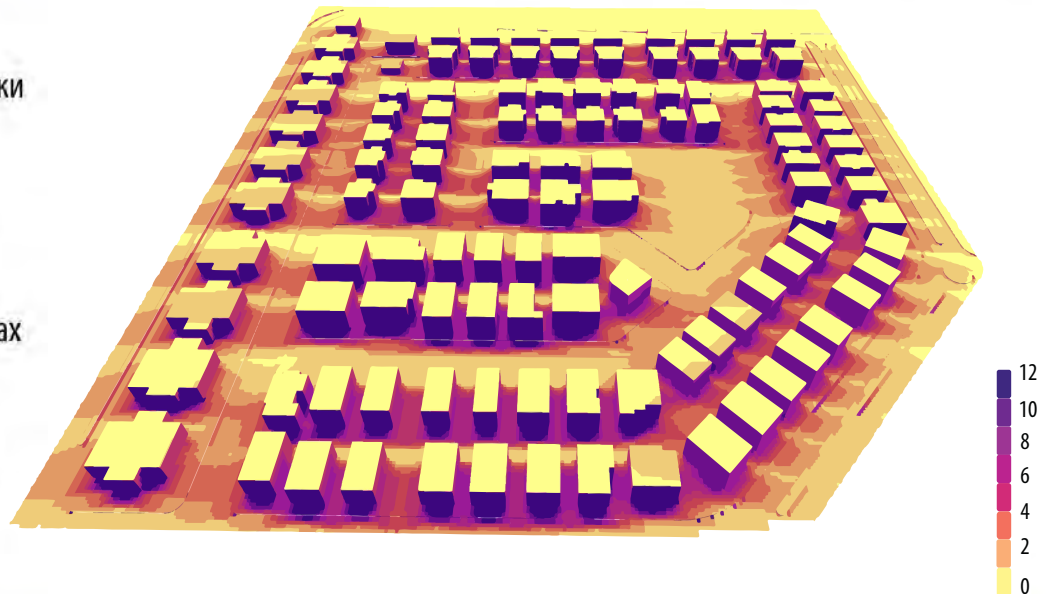
Расположение застройки

С 7.00 до 19.00**21 марта**

Время затенения в часах

от 9 до 10 часов

Время инсоляции



ФОТОФИКСАЦИЯ



ТАБЛИЦА 1.18

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ Кенадса, Алжир

ПЛАНЫ

План первого этажа (дом № 1) Общ. пл. 240 кв. м План первого этажа (дом № 2) Общ. пл. 144 кв. м

РАЗРЕЗ (Дом № 1)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
Саман (местный кирпич из глина)	Традиционное проектирование фасада,
Камень	наличие разных видов арок, ниш и
Пальмовое дерево, джеррид	разноцветных растительных орнаментов
Алебастр, известь	

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА ↓ **ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ** ↓

Патико

Галерея

Центральное расположение в доме с галереей

Передняя скифа (Прихожая)

Лестницы

Вход

Лестница расположена в задней части дома
Вход через прихожую (скифа)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА (Дом № 2)

А.	Вход	Е.	Кухня
Б.	Передняя скифа (Прихожая)	Ж.	Хлев
В.	Патико	З.	Лестница
Г.	Гостиная	И.	Чёрный ход
Е.	Кладовая	Й.	Терраса
Д.	Комната	К.	Уборная

ТАБЛИЦА 1.19

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища


ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ

Аит Абу (Оазис Скоура), Марокко.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА


ПЛАНЫ

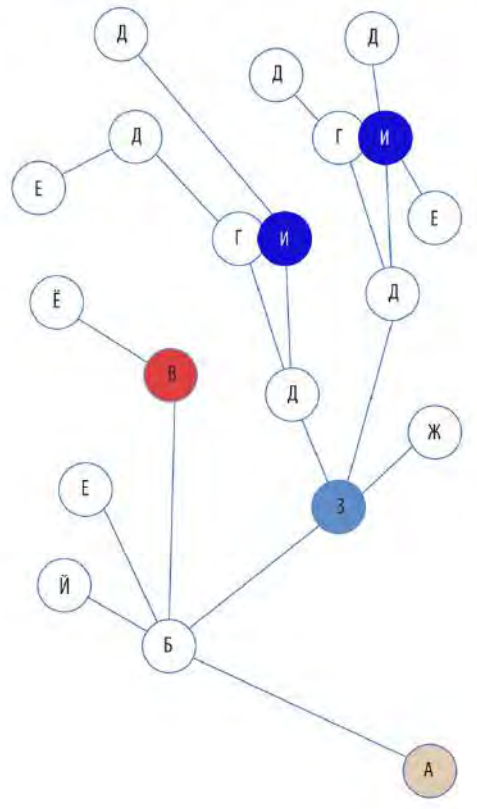
План первого этажа



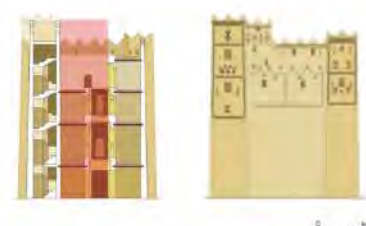
АКСОНОМЕТРИЯ

Общ. пл. 280 кв. м



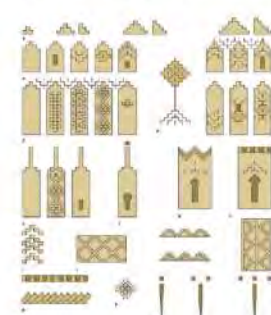


РАЗРЕЗ И ФАСАД



СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Традиционное проектирование фасада, наличие разных видов арок, ниш, декоративных элементов.

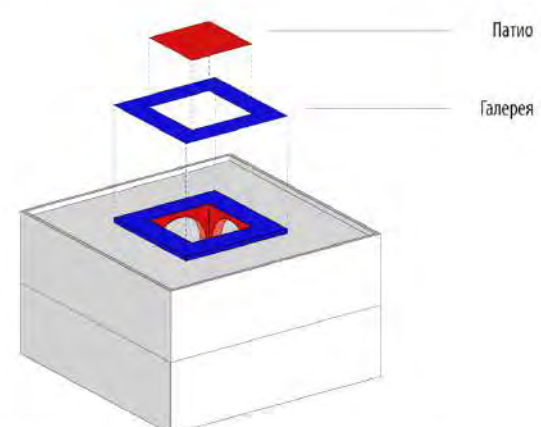


СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Утрамбованная земля
- Саман (местный кирпич из глина)
- Камень
- Пальмовое дерево, джеррид

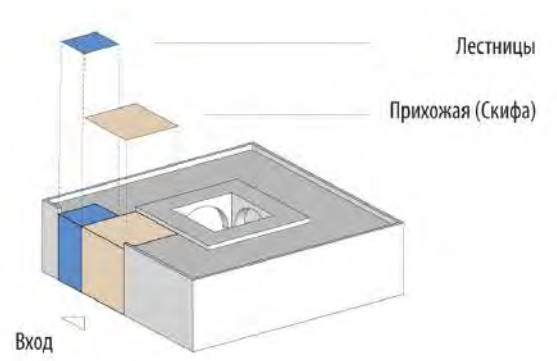
А.	Вход	Е.	Кладовая
Б.	Прихожая (Скифа)	Ё.	Кухня
В.	Патио	Ж.	Терраса
Г.	Гостиная	З.	Лестница
Д.	Комната	И.	Галерея
		Й.	Хлев

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА



Центральное расположение в доме с галерей


ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ



Лестница рядом с главным входом
Вход через прихожую (скифа)

ТАБЛИЦА 1.20

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

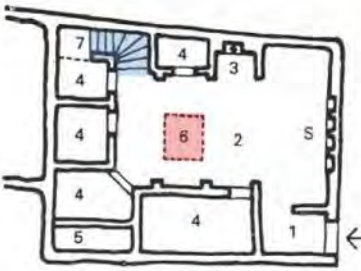
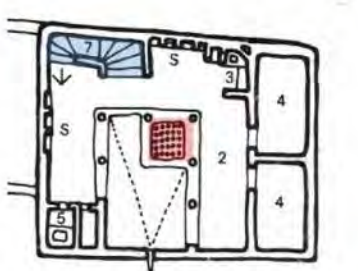


ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ
Гардая, Алжир

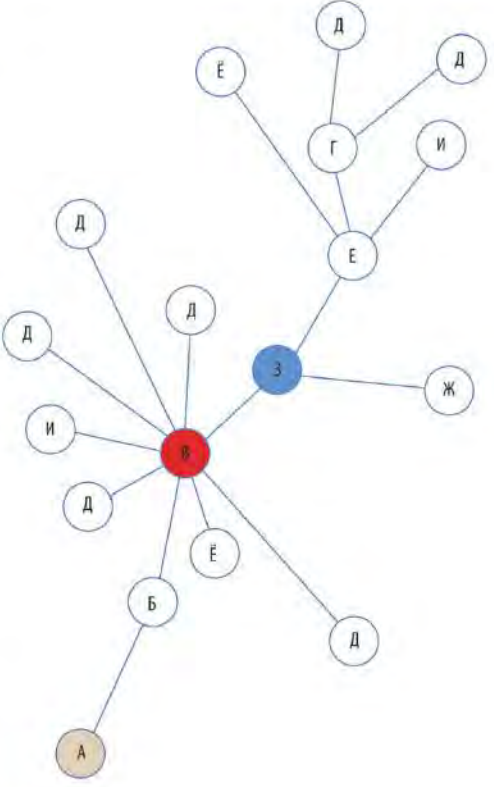
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

ПЛАНЫ Общ. пл. 85 кв. м

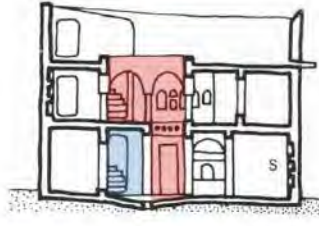
План первого этажа План второго этажа

0 5m

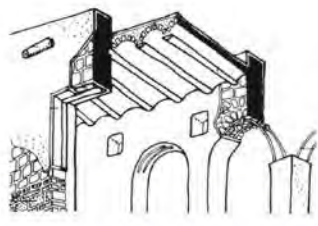


РАЗРЕЗ



0 5m

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

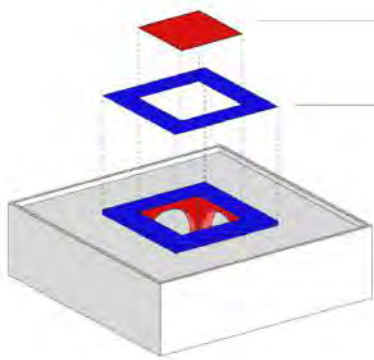
Саман (местный кирпич из глины)
Камень
Пальмовое дерево, джеррид

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Традиционное проектирование фасада с небольшими окнами и наличие ниш

А.	Вход	Е.	Кладовая
Б.	Прихожая (Скифа)	Ё.	Кухня
В.	Патико	Ж.	Терраса
Г.	Гостиная	З.	Лестница
Д.	Комната	И.	Уборная

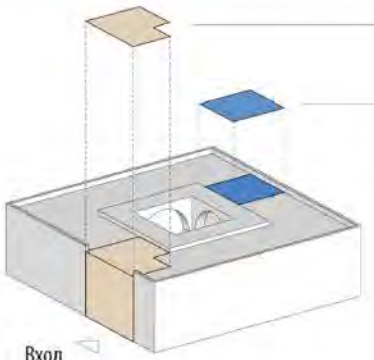
РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА



Патико

Галерея

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ



Передняя скифа (Прихожая)

Лестницы

Вход

Центральное расположение в доме с галереей

Лестница расположена в задней части дома
Вход через прихожую (скифа)

ТАБЛИЦА 1.21

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ Гадамес, Ливия

ПЛАНЫ Общ. пл. 190 кв. м

План первого этажа План второго этажа План третьего этажа План четвертого этажа

Высота 0.00 м Высота 2.85 м Высота 4.45 м Высота 7.80 м

РАЗРЕЗ **ОБЩИЙ ВИД ЗАСТРОЙКИ**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ **СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

Саман (местный кирпич из глина)
Камень
Пальмовое дерево, джеррид

Традиционное проектирование фасада с небольшими окнами и наличие ниш

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

А.	Вход	Е.	Кладовая
Б.	Прихожая (Скифа)	Ё.	Кухня
В.	Общая комната	Ж.	Терраса
Г.	Гостиная	З.	Лестница
Д.	Комната	И.	Уборная

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА **ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ**

Центральное расположение патио

Лестница рядом с главным входом
Вход через прихожую (скифа)

ТАБЛИЦА 1.22

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

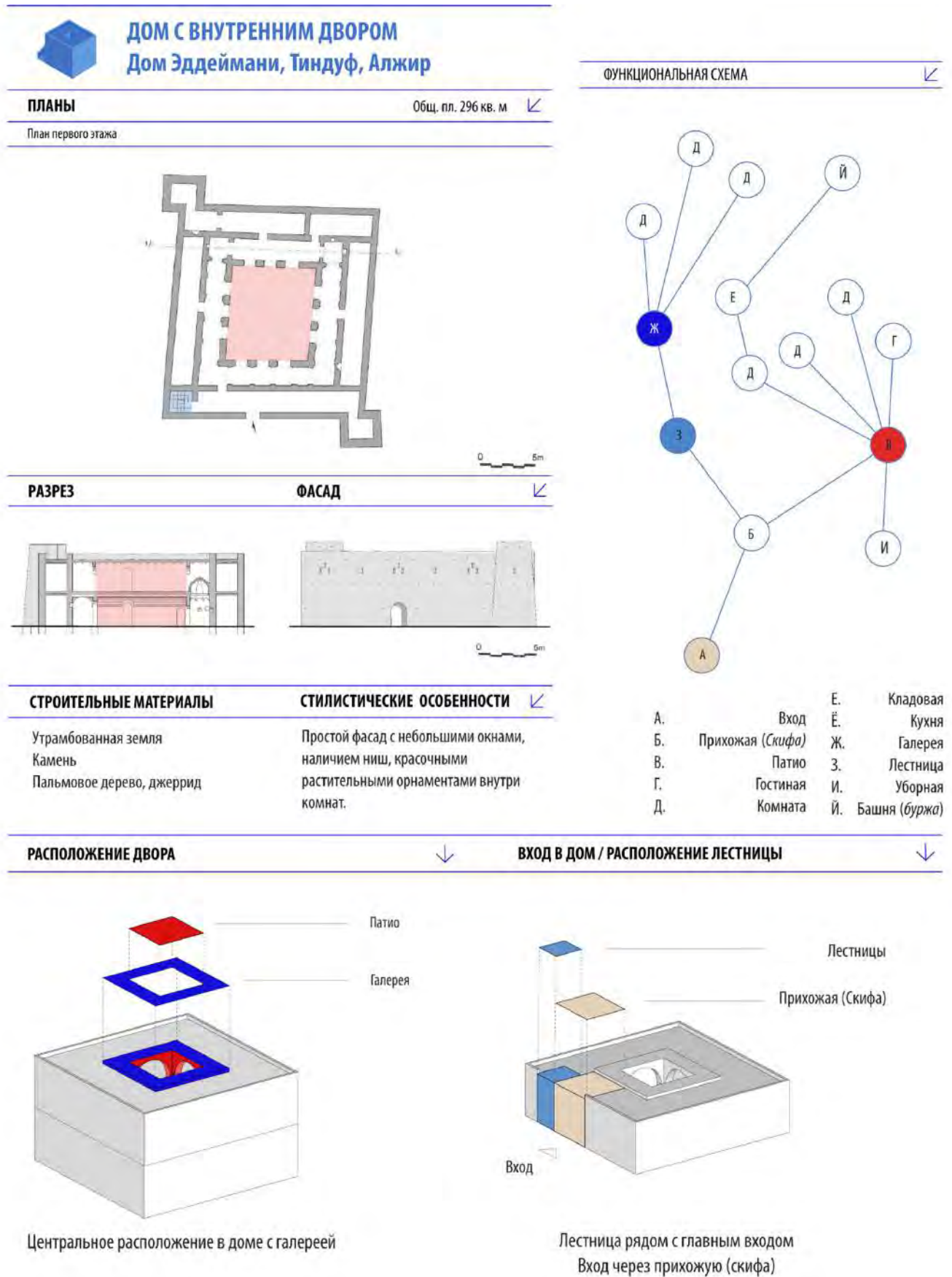


ТАБЛИЦА 1.24

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ Долина Драа, Марокко

ПЛАНЫ Общ. пл. 72 кв. м

План первого этажа План второго этажа План третьего этажа

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

РАЗРЕЗЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Утрамбованная земля
Саман (местный кирпич из глины)
Камень
Пальмовое дерево, джеррид

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Простое традиционное проектирование фасада, наличие арок и ниш

А.	Вход	Е.	Кладовая
Б.	Прихожая (Скифа)	Ё.	Кухня
В.	Патио	Ж.	Терраса
Г.	Гостиная	З.	Лестница
Д.	Комната	И.	Галерея
		Й.	Уборная

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА

Центральное расположение в доме с галереей

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ

Лестница рядом с главным входом
Вход через прихожую (скифа)

ТАБЛИЦА 1.25

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища



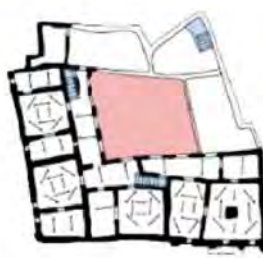
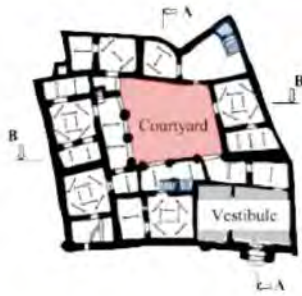
ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ
Дженне, Мали

ПЛАНЫ

Общ. пл. 180 кв. м

Первый этаж

Второй этаж



0 5m

РАЗРЕЗ

ФАСАД



A-A



B-B

0 5m

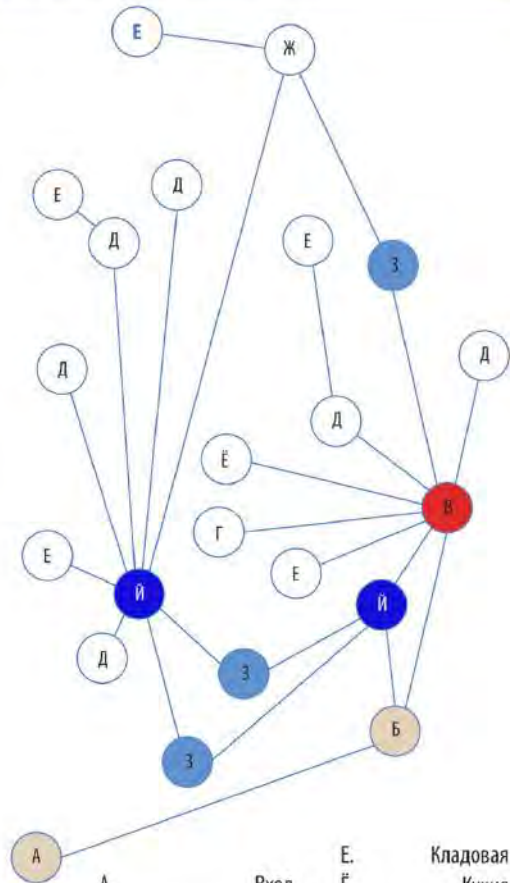
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Утрамбованная земля
Саман (местный кирпич из глины)
Камень
Пальмовое дерево, джеррид

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Традиционное проектирование фасада с небольшими окнами и наличие ниш

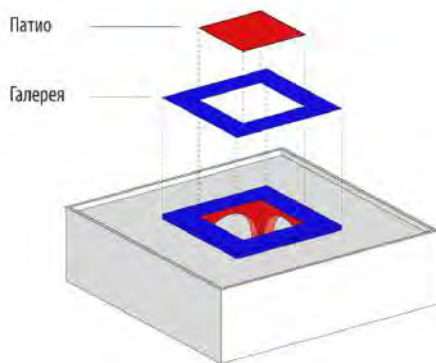
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА



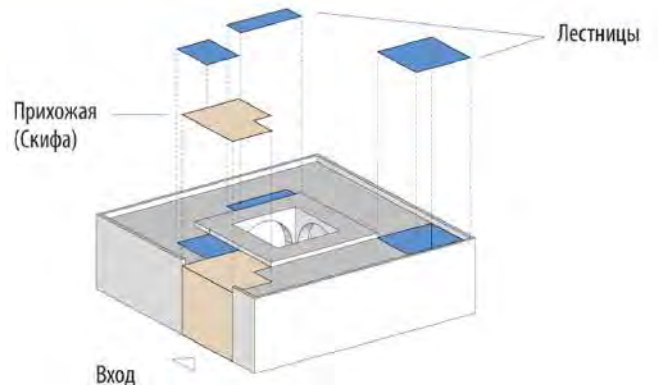
- | | | | |
|----|------------------|----|----------|
| А. | Вход | Е. | Кладовая |
| Б. | Прихожая (Скифа) | Ё. | Кухня |
| В. | Патио | Ж. | Терраса |
| Г. | Гостиная | З. | Лестница |
| Д. | Комната | И. | Уборная |
| | | Й. | Галерея |

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ




Центральное расположение в доме с галереей



В доме есть 3 лестницы: у входа, на заднем дворе, в галерее
Вход через прихожую (скифа)

ТАБЛИЦА 1.26

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

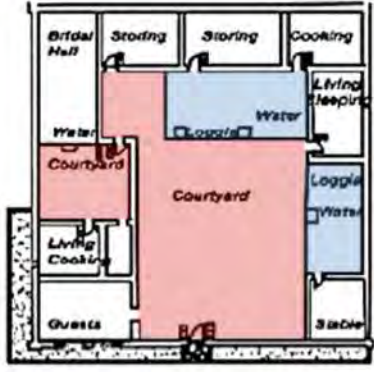


ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ
Нубия, Египет

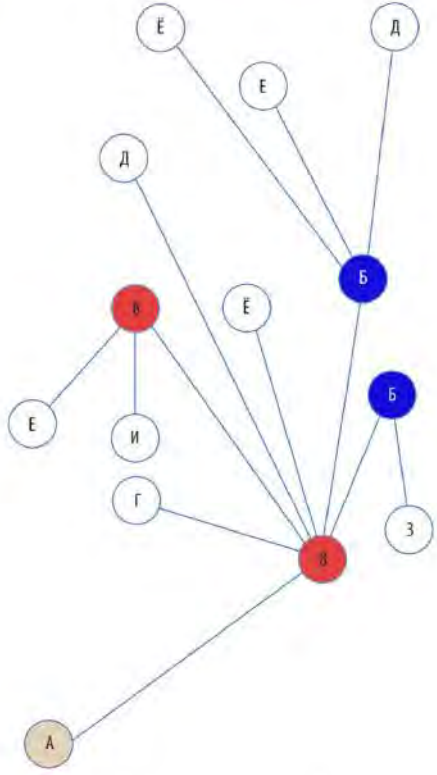
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

ПЛАНЫ Общ. пл. 310 кв. м

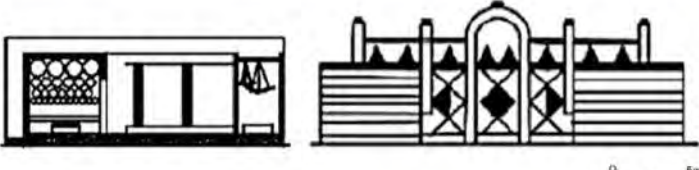
Первый этаж



0 5m



РАЗРЕЗ ФАСАД



0 5m

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

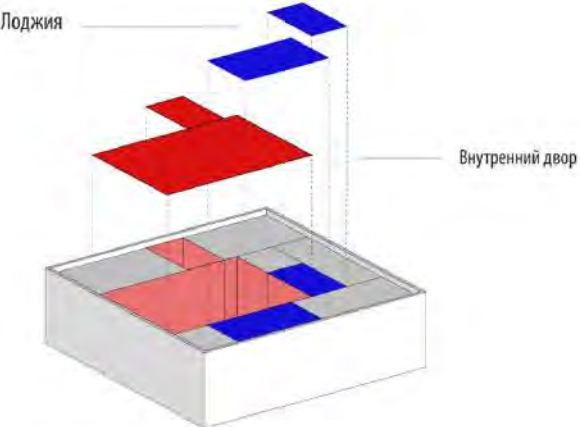
Утрамбованная земля
Саман (местный кирпич из глины)
Камень
Пальмовое дерево, джеррид

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Простой фасад с небольшими окнами, наличием ниш и сводов крыш.

А.	Вход	Е.	Кухня
Б.	Лоджия	Ё.	Запасник
В.	Патии	Ж.	Галерея
Г.	Гостиная	З.	Хлев
Д.	Комната	И.	Уборная

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА

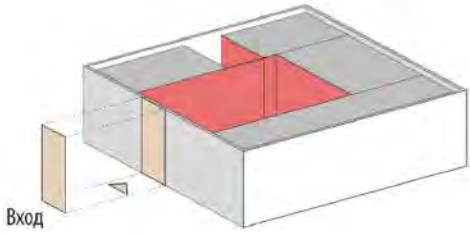


Лоджия

Внутренний двор

Центральное расположение двора

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ



Вход

Отсутствие лестницы
Вход через внутренний двор

ТАБЛИЦА 1.27

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища



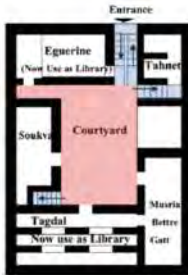
ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ
Чингетти, Мавритания

ПЛАНЫ

Общ. пл. 120 кв. м

Первый этаж

Второй этаж



ГЛАВНЫЙ ВХОД (ФОТО)



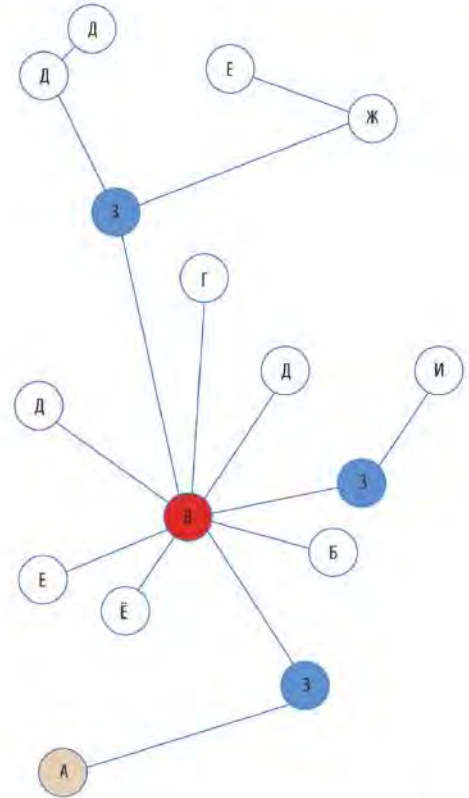
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Камень
Пальмовое дерево, джеррид

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Простое традиционное проектирование фасада с небольшими окнами и наличие ниш

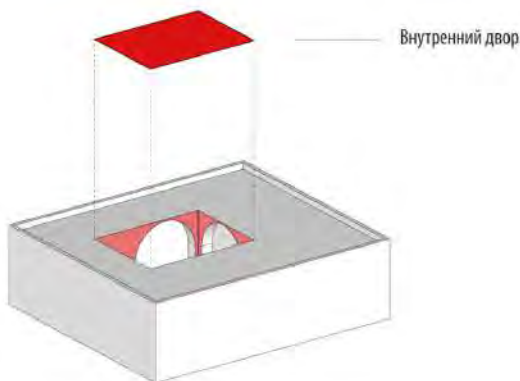
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА



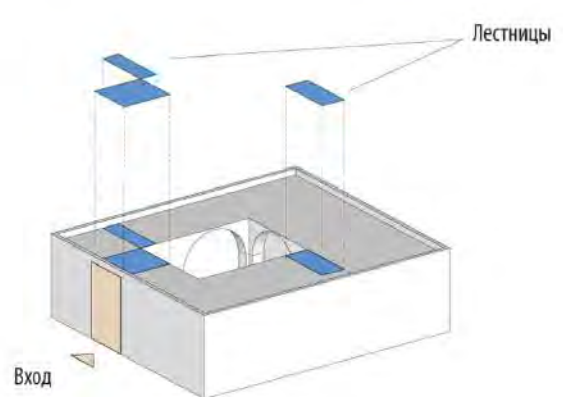
А.	Вход	Е.	Кладовая
Б.	Лоджия	Ё.	Кухня
В.	Внутренний двор	Ж.	Терраса
Г.	Гостиная	З.	Лестница
Д.	Комната	И.	Уборная

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ



Центральное расположение двора в доме



В доме есть 3 лестницы: один у входа, другие близко ко двору
Вход через лестница

ТАБЛИЦА 1.28

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища

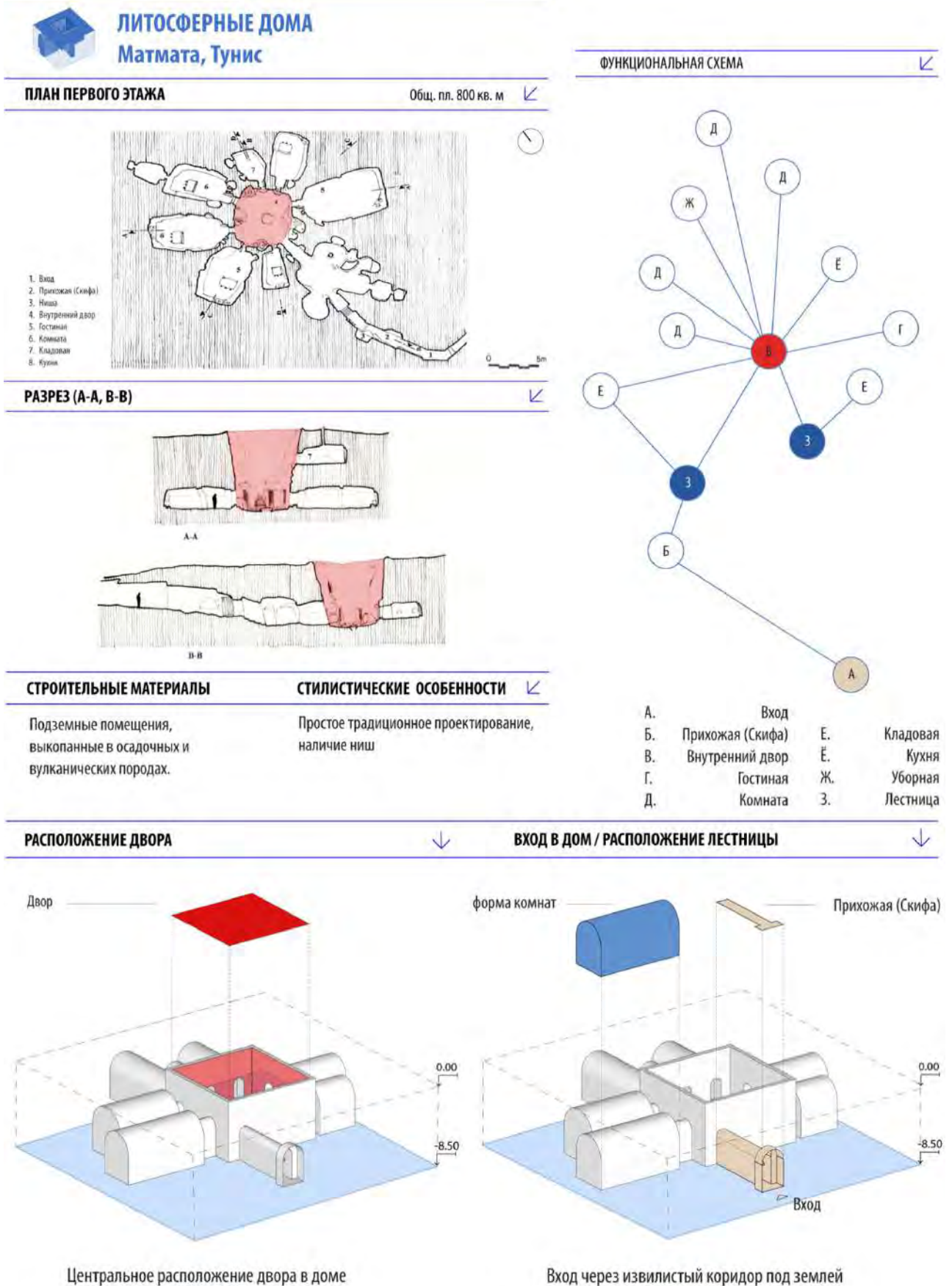



ТАБЛИЦА 1.29


Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища



ЛИТОСФЕРНЫЕ ДОМА
Гарьян, Ливия

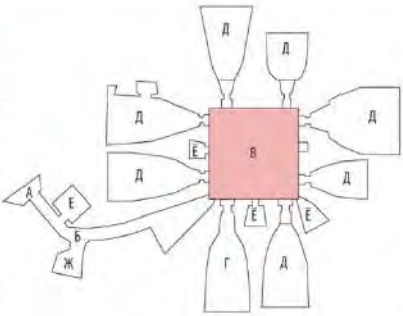
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

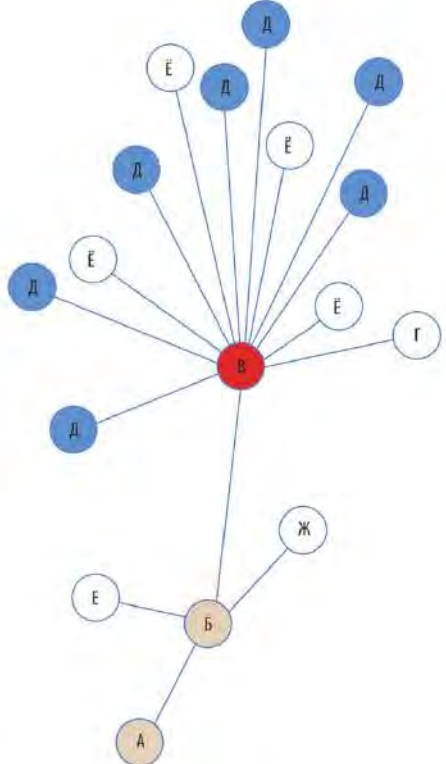
ФОТО СПУТНИК



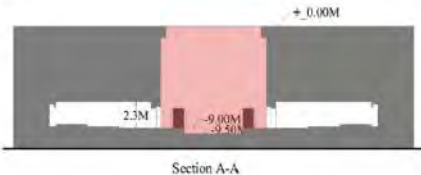
ПЛАНЫ Общ. пл. 446 кв. м

Первый этаж





РАЗРЕЗ (А-А)



Section A-A

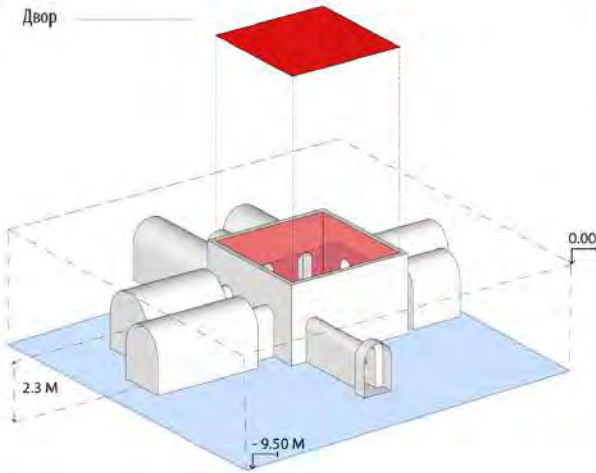
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Подземные помещения, выкопанные в осадочных и вулканических породах.

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

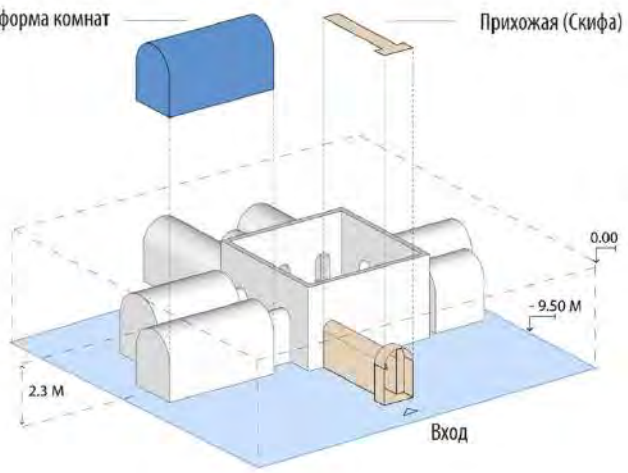
Традиционное проектирование и наличие ниш

РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА



Центральное расположение двора в доме

ВХОД В ДОМ / РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕСТНИЦЫ

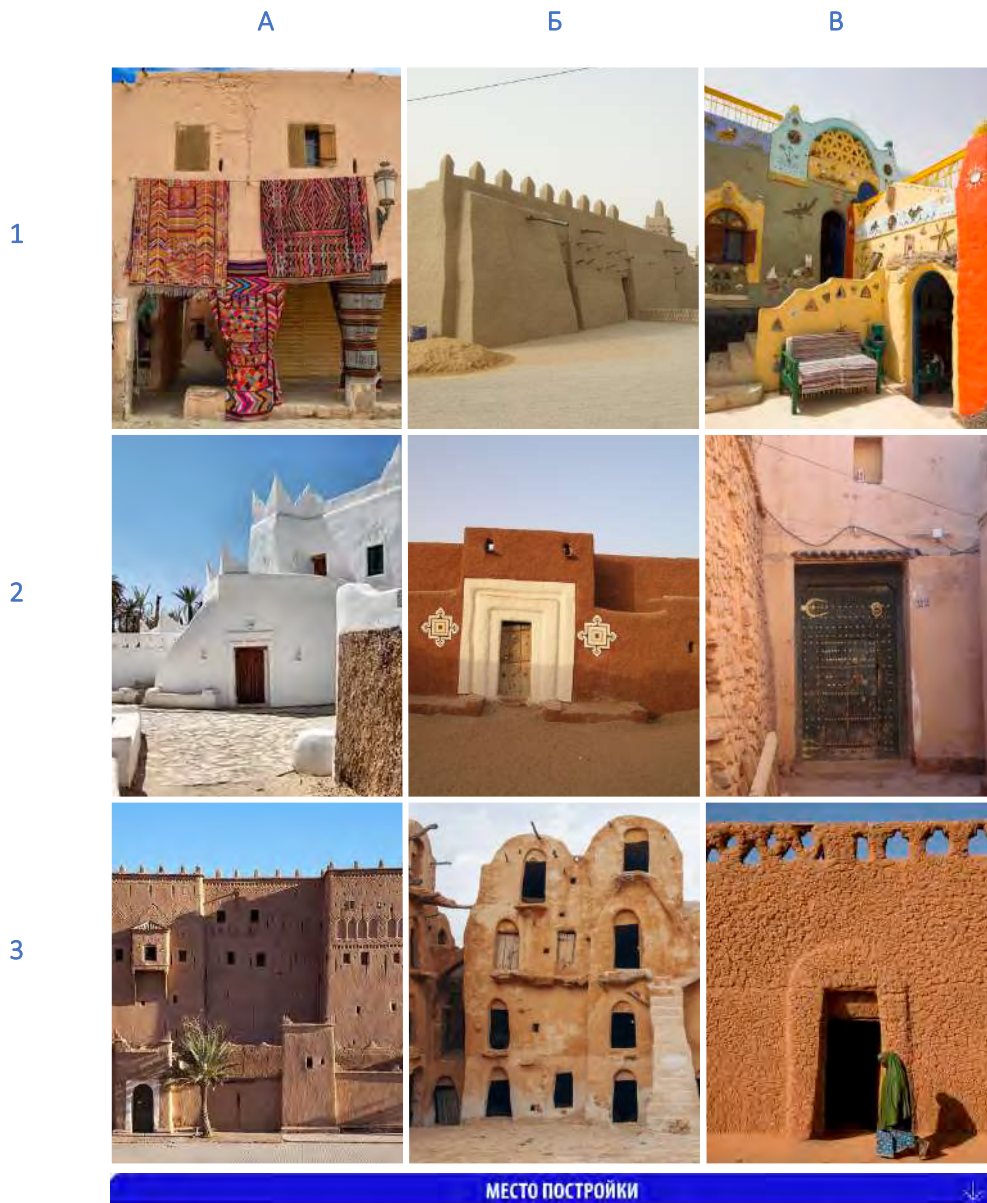


Вход через изогнутый коридор под землей
Каждая комната используется как дом для одной семьи

А.	Вход	Д.	Комната
Б.	Прихожая (Скифа)	Е.	Уборная
В.	Внутренний двор	Ё.	Кухня
Г.	Гостиная	Ж.	Помещение для домашних животных

ТАБЛИЦА 1.30

Стилистические особенности традиционной жилой архитектуры пустыни Сахары



А-1. Ксар Гардая, Алжир
А-2. Ксар Гадамес, Ливия
А-3. Касба Айт-Бен-Хадду, Марокко
Б-1. Тумбакту, Мали
Б-2. Уалата, Мавритания

Б-3. Ксар Улад Солтане, Тунис
В-1. Ксар Кенадса, Алжир
В-2. Нуба, Асуан, Египет
В-3. Агадес, Нигер
Б-3. Ксар Улад Солтане, Тунис

ТАБЛИЦА 1.31

Стилистические особенности традиционных домов в пустыне Сахара (фасад, главный вход)

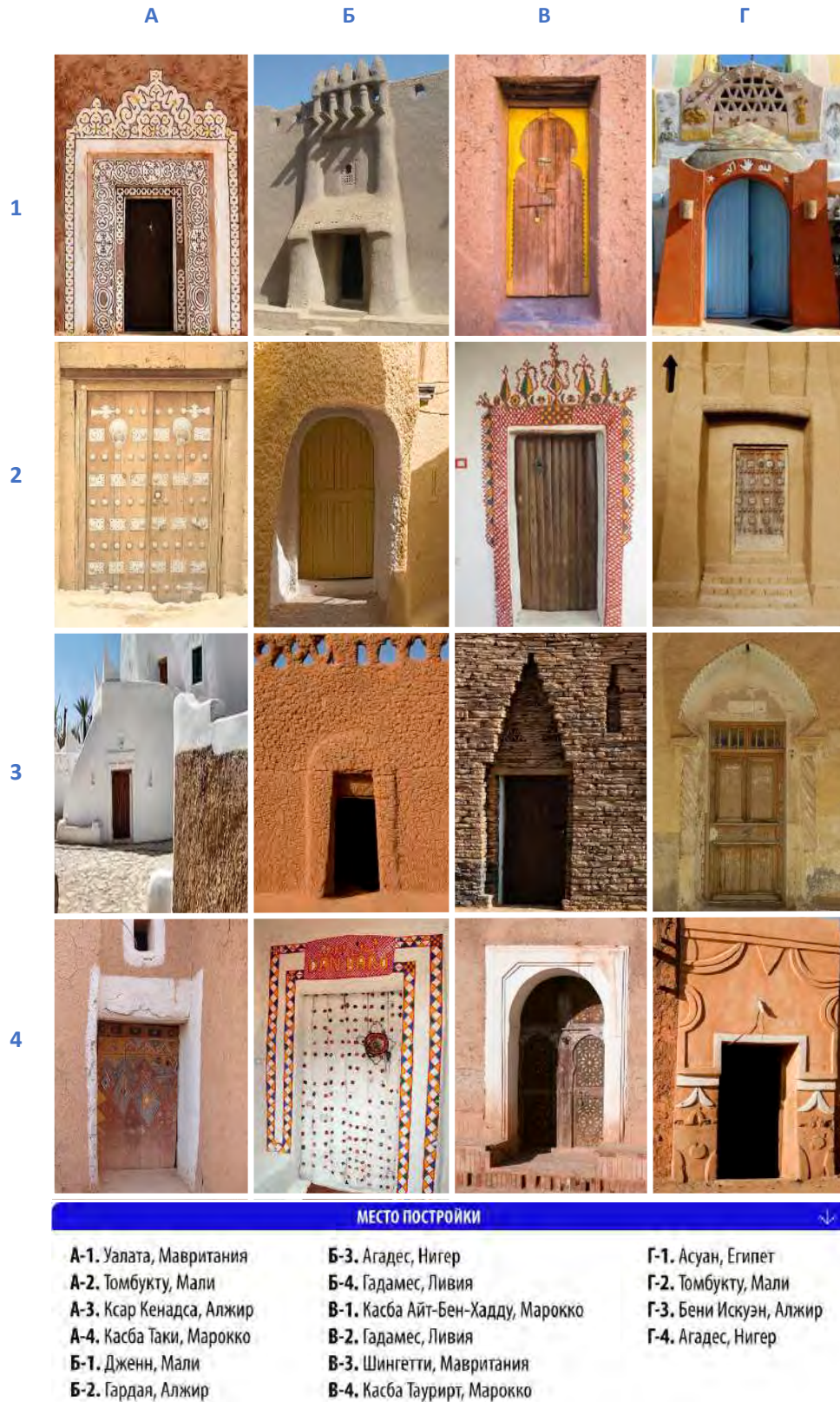


ТАБЛИЦА 1.32

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ– колониальные дома



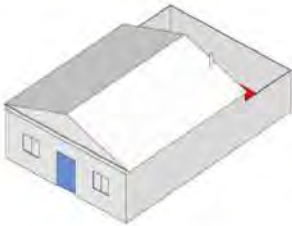
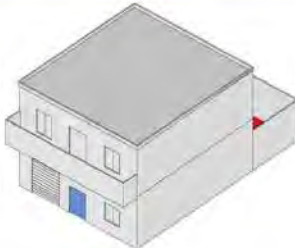
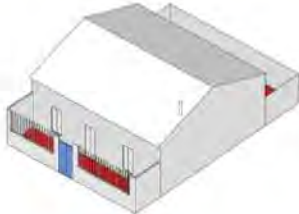
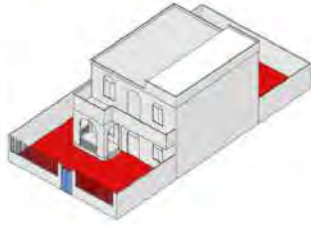










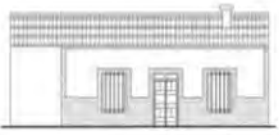







 ТИПЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ КОЛОНИАЛЬНЫЕ ДОМА			
БЛОКИРОВАННЫЕ ДОМА С ОДНИМ ЭТАЖОМ	БЛОКИРОВАННЫЕ ДОМА С ДВУМЯ ЭТАЖАМИ	БЛОКИРОВАННЫЕ ДОМА С ВЕРАНДОЙ	КОЛОНИАЛЬНАЯ ВИЛЛА 
			
КОМПОЗИЦИЯ ПЛАНА И РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВОРА 			
Общ. пл. 100-200 кв. м	Общ. пл. 130-250 кв. м	Общ. пл. 150-300 кв. м	Общ. пл. 300-650 кв. м
			
ПЛАНЫ, ФАСАДЫ, ИЗОБРАЖЕНИЕ 			
 План первого этажа	 Колониальные блокированные дома (1938) Коломб Бешар, Алжир	 План первого этажа	 План первого этажа
 Главный фасад	 Колониальные блокированные дома (1910)	 Главный фасад	 Дом типа виллы (Ливия)
 Колониальные блокированные дома (1914) Бешар, Алжир	 Колониальные блокированные дома (1870) Бискра, Алжир	 Дома типа колониальная вилла с верандой Порт Тевфик, Египте	 Главный фасад колониальной виллы (1920) Гелиополис, Египет

ТАБЛИЦА 1.33

Анализ архитектурного опыта ИЖЗ – колониальные дома







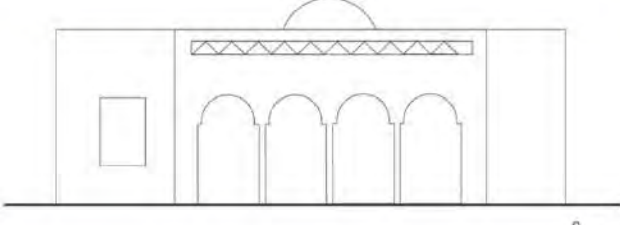


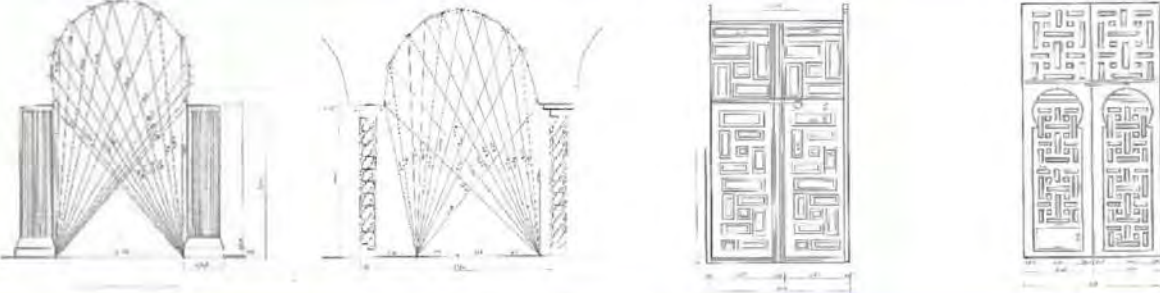

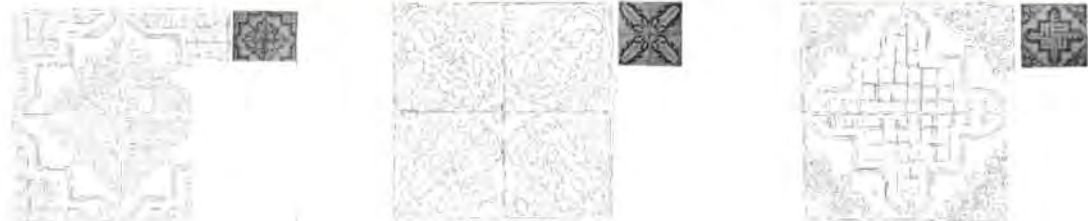
 Вилла Клэр Шеридан Бискре, Алжир	ИЗОБРАЖЕНИЕ 
<p>ПЛАН </p> <p>План первого этажа Общ. пл. 380 кв. м</p> 	
<p>ГЛАВНЫЙ ФАСАД </p> 	<p style="text-align: right;"></p>
<p style="text-align: center;">АРХИТЕКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДОМА (АРКИ, ДВЕРИ) </p>	
	
<p style="text-align: center;">АРХИТЕКТУРНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ </p>	
	

ТАБЛИЦА 1.34

Опыт проектирования глинобитных жилых домов, арх. Хасан Фатхи, Египет (1940-1975)



ГЛИНОБИТНАЯ ЖИЛАЯ АРХИТЕКТУРА
Хасан Фатхи (Египет)

ГЛИНОБИТНАЯ АРХИТЕКТУРА, ЕГИПЕТ (ИЗОБРАЖЕНИЕ)



Дом Сиди Крейр, Аль-Ааджами, Египет

Дом Фуад Риад, Гиза, Египет

Гиза, Египет



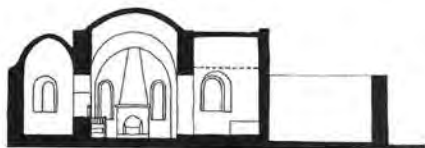
План первого этажа



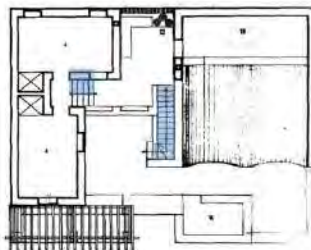
План первого этажа



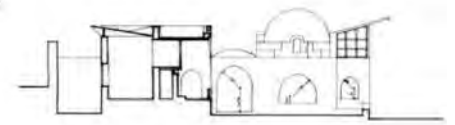
План первого этажа



Разрез



План второго этажа



Разрез А-А

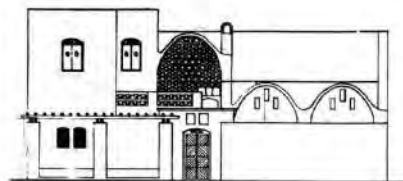


Общее вид

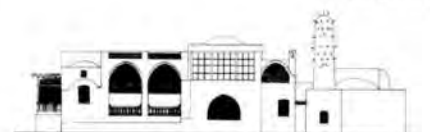


Разрез В-В

- Внутренний двор
- Лестница
- Галерея
- Главный вход




Главный фасад



Главный фасад

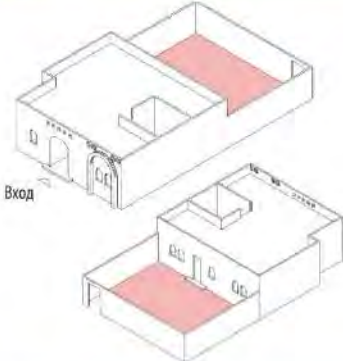
ТАБЛИЦА 1.35

Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара



**ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИЖЗ
(2002-2017), Египет**

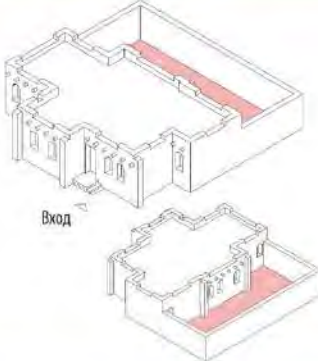
Город: Фарафра (2017) ↓



План первого этажа ↙

Общ. пл. 100-200 кв. м

Город: Вади эль Гедид (2002) ↓



План первого этажа ↙


Общ. пл. 100-200 кв. м

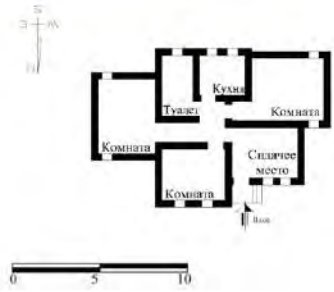
Город: Асуан (2016) ↓




План первого этажа ↙

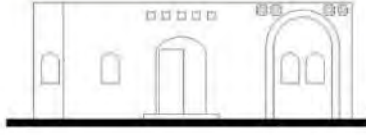
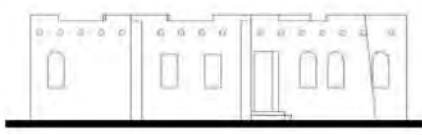
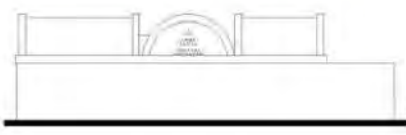
Общ. пл. 100-200 кв. м



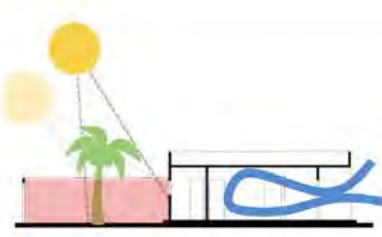




ГЛАВНЫЙ ФАСАД ↙

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ↙







ТАБЛИЦА 1.36


Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара

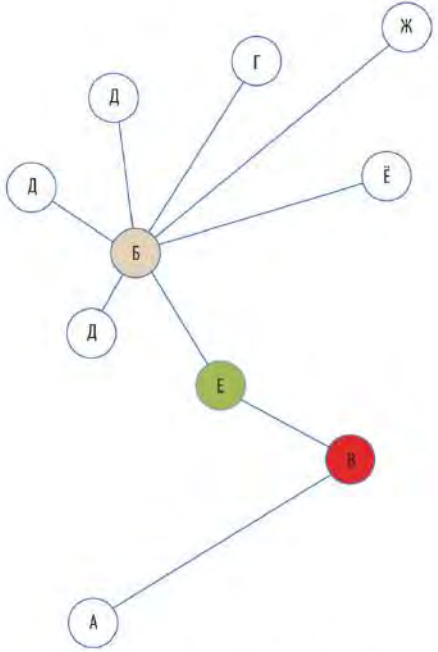


МАЛОЭТАЖНАЯ ЖИЛАЯ ГРУППА AADL 100
Туггурт, Алжир (2004)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

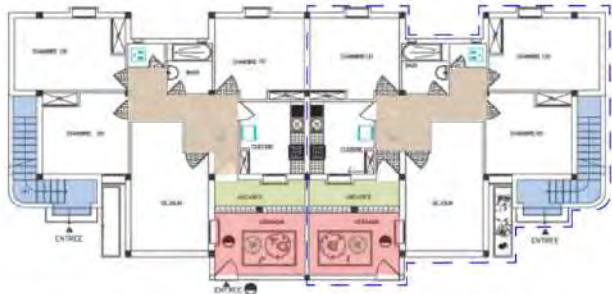
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН М 1:500



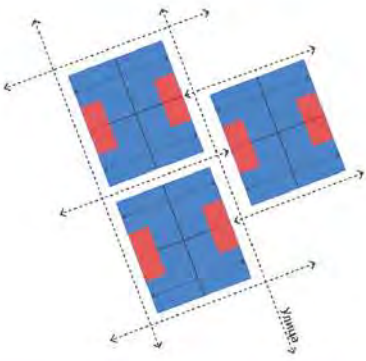


А.	Вход	Д.	Комната
Б.	Коридор	Е.	Галерея
В.	Веранда	Ё.	Кухня
Г.	Гостиная	Ж.	Уборная

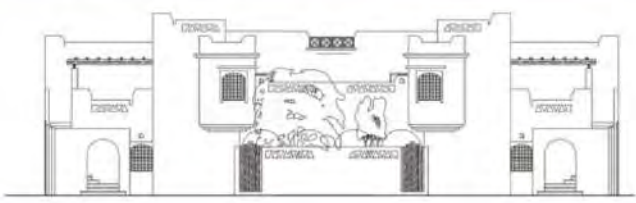
План первого этажа Общ. пл. 85 кв. м



Логика организации жилой группы



Главный фасад М 1:200



ИЗОБРАЖЕНИЕ




ТАБЛИЦА 1.37

Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара

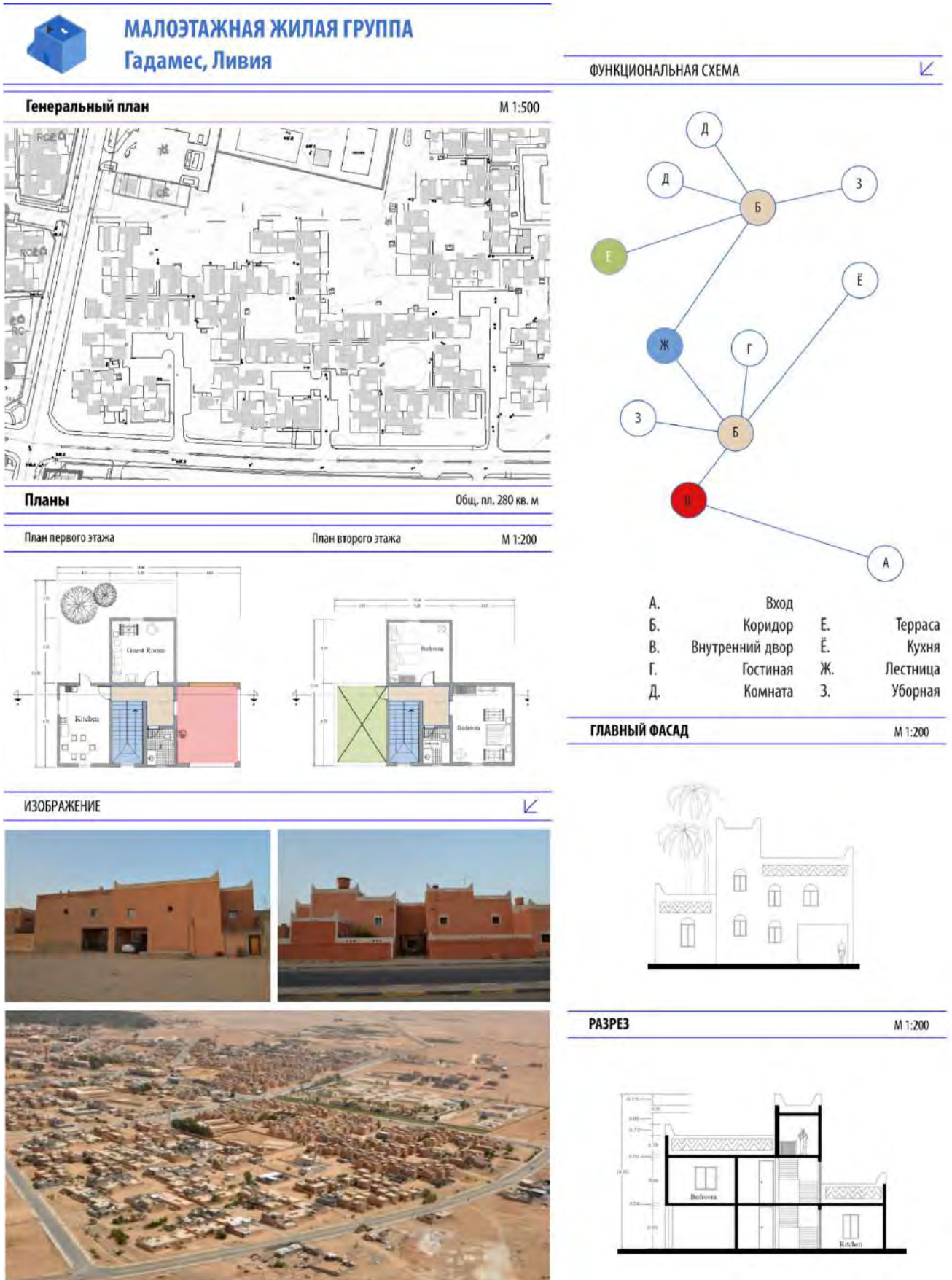
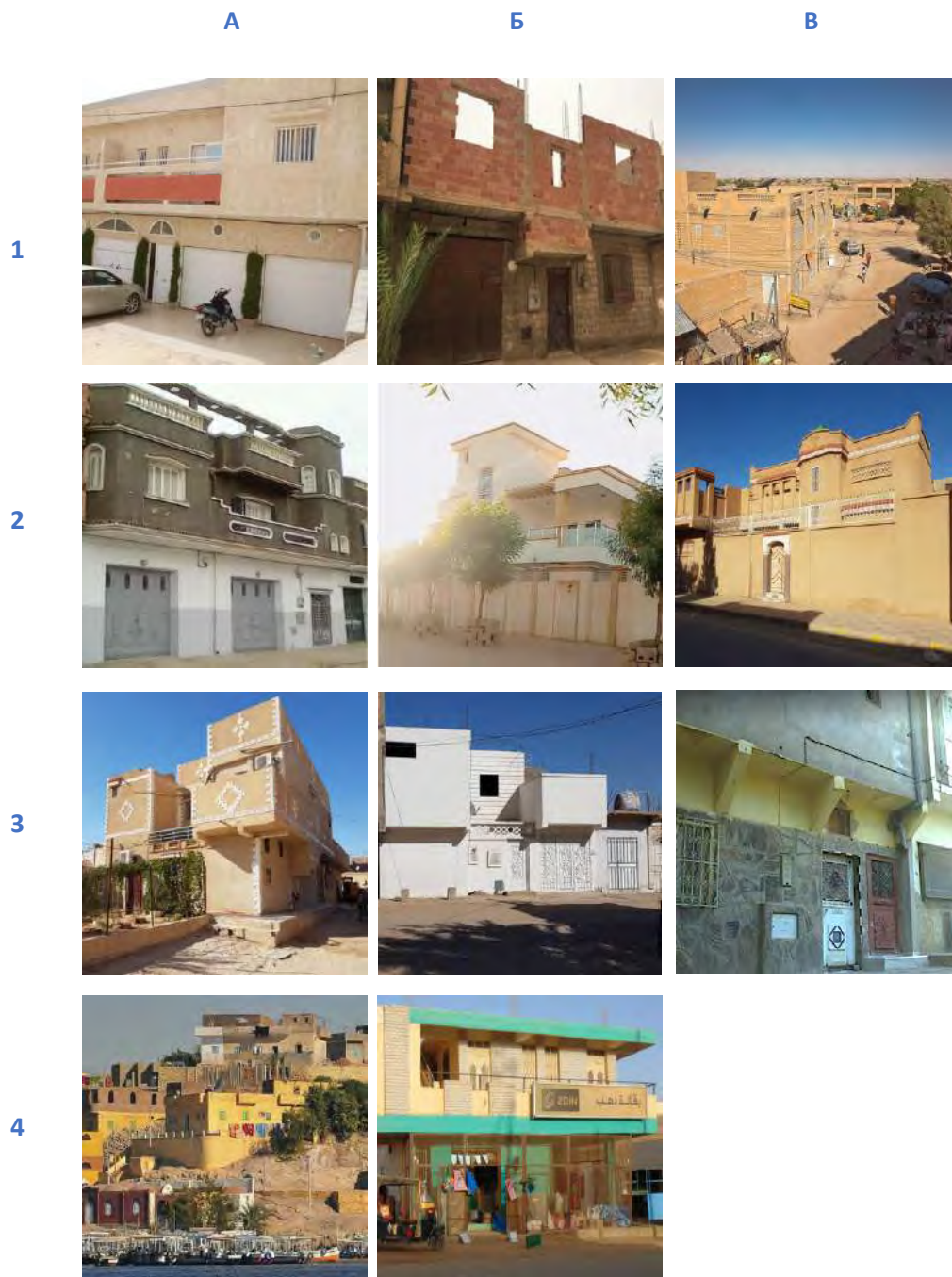


ТАБЛИЦА 1.38

Анализ современной архитектуры ИЖЗ в пустыне Сахара «самодельное строительство»



МЕСТО ПОСТРОЙКИ



А-1. Нуакшот, Мавритания
 А-2. Бешар, Алжир
 А-3. Эль Уэд, Алжир
 А-4. Асуан, Египет

Б-1. Бешар, Алжир
 Б-2. Агадес, Нигер
 Б-3. Эль Уэд, Алжир
 Б-4. Файя-Ларжо, Чад

В-1. Агадес, Нигер
 В-2. Эль Уэд, Алжир
 В-2. Самара, Западной Сахары

ТАБЛИЦА 1.39
 Схема изменения положения двора в ИЖЗ городов Сахары

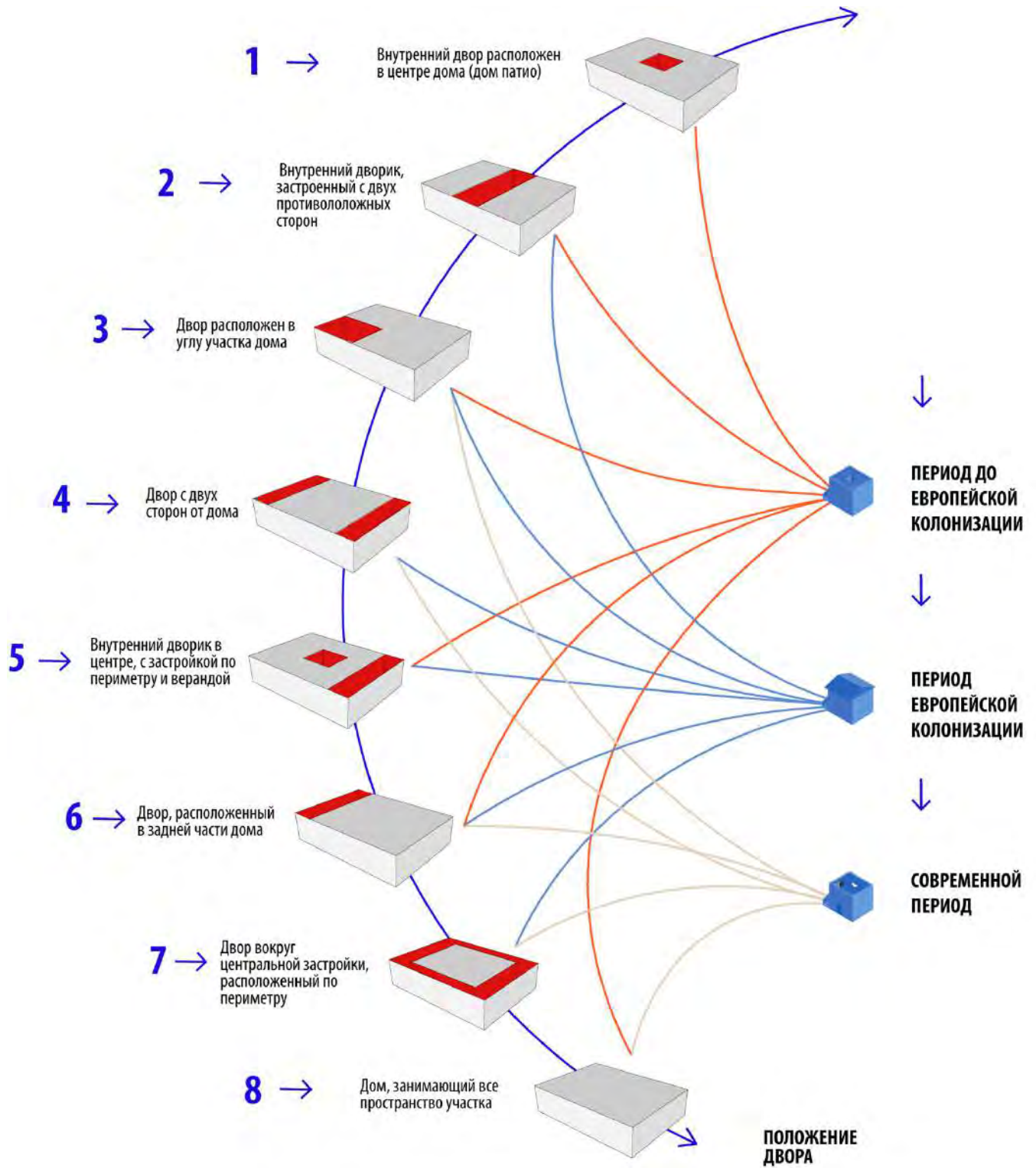
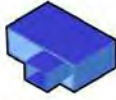


ТАБЛИЦА 2.1

Дом "Sharifi-Ha" в Тахране (Иран), арх. Alireza Taghaboni

ДОМ "SHARIFI-HA",
ТАХРАН, ИРАН



План первого этажа



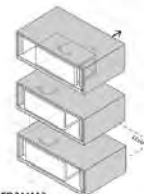
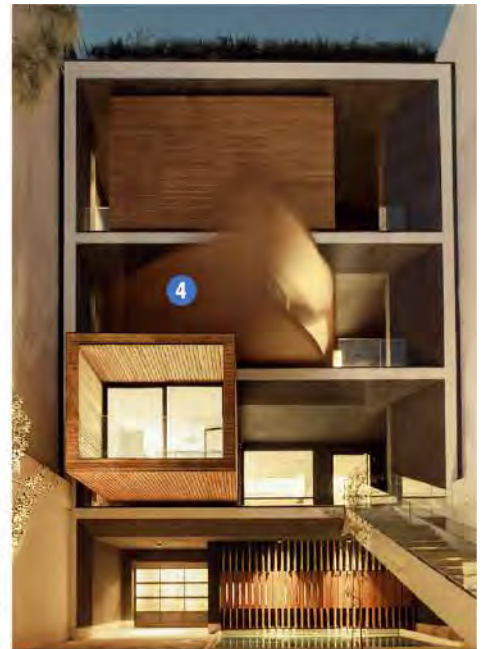
План второго этажа



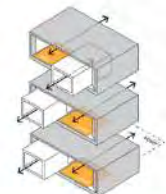
План третьего этажа



Разрез



Диаграмма



- 1 Озеленение
- 2 Пространственное расширение
- 3 Летние пространства (лоджия, внутренний двор, терраса)
- 4 Сезонность
- 5 Приватные и полу-приватные пространства
- 6 Системы обработки и рециркуляции воды
- 7 Многофункциональные пространства
- 8 Мобильные помещения

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ



Дом «Sharifi-ha», Тахран, ИРАН
 Архитекторы: NextOffice—Alireza Taghaboni
 Год постройки: 2014
 Площадь дома: 325 кв. м.



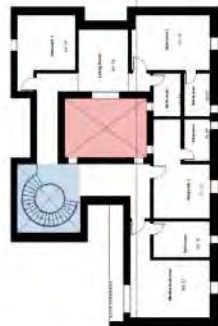
ТАБЛИЦА 2.2

Проект "дом с нулевым потреблением энергии", Эр-Рияд (Саудовская Аравия), арх. Ахмед А. Аляхья, Навари О. Навари

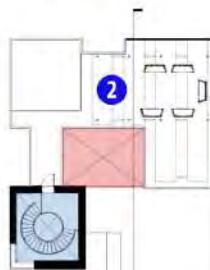
**ДОМ С НУЛЕВЫМ
ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ,
ЭР-РИЯД,
САУДОВСКАЯ АРАВИЯ**



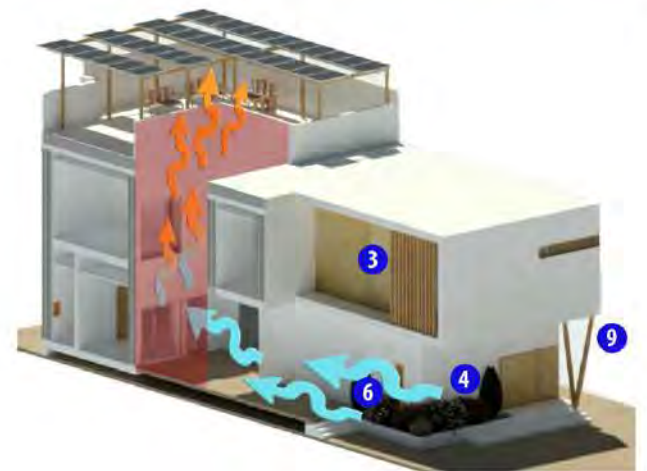
План первого этажа



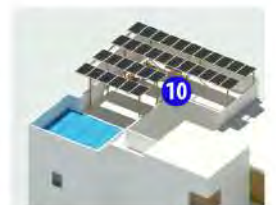
План второго этажа



План третьего этажа



Разрез



АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС

- 1 Лаконизм и минимализм
- 2 Летние пространства (внутренний двор, терраса)
- 3 Машрабия
- 4 Озеленение
- 5 Приватность (визуальная и акустическая)
- 6 Палисадник
- 7 Сезонность
- 8 Солнцезащитные устройства
- 9 Традиционные архитектурные элементы
- 10 Фотоэлектрическая панель

Дом с нулевым потреблением энергии, Эр-Рияд, Саудовская Аравия

Архитекторы: Ахмед А. Аляхья, Навари О. Навари

Год постройки: 2018

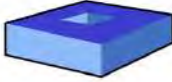
Площадь дома: 250 кв. м.



ТАБЛИЦА 2.3

Вилла "Passivhaus PHV" в Барве (КАТАР), компания QGBC и BRE

THE PASSIVHAUS
VILLA PHV,
БАРВА, КАТАР



АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

- 1 Летние пространства (веранда, внутренний двор)
- 2 Минимализм
- 3 Озеленение
- 4 Перерабатываемые строительные материалы
- 5 Солнцезащитные устройства
- 6 Фотоэлектрическая панель
- 7 Экологические инженерные системы и оборудование

PHV СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Стена	Блок 200 мм + 380 мм слой полистирола
Крыша	200 мм залитый бетон + 380 мм слой полистирола
Пол	250 мм залитый бетон + 200 мм слой пенопласта
Застекленные поверхности	Тройное остекление — 6 мм стекло с покрытием - двойная полость 12 мм

The Passivhaus villa PHV, Барва, КАТАР

Архитекторы: QGBC, BRE

Год постройки: 2013

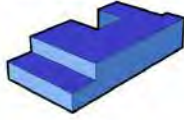
Площадь дома: 225 кв. м.



ТАБЛИЦА 2.4

Масдар-сити и эко-вилла в Абу-Даби (ОАЭ), арх. Foster + Partners

**МАСДАР-СИТИ И
ЭКО-ВИЛЛА
АБУ-ДАБИ, ОАЭ**



- 1 Вентилируемые фасады
- 2 Лаконизм и минимализм
- 3 Летние пространства (балкон, внутренний двор, терраса)
- 4 Машрабия
- 5 Многофункциональные пространства
- 6 Озеленение
- 7 Перерабатываемые строительные материалы
- 8 Плотность застройки
- 9 Приватные и полу-приватные пространства
- 10 Приватность (визуальная и акустическая)
- 11 Солнцезащитные устройства
- 12 Солнечный коллектор
- 13 Фотоэлектрическая панель
- 14 Экологические инженерные системы и оборудование

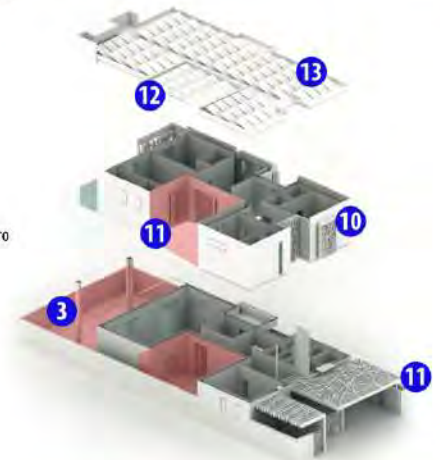
АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ



План первого этажа



План второго этажа



MASDAR CITY, Абу-Даби - ОАЭ
 Архитекторы: Foster + Partners
 Год постройки: 2007 - 2016
 Площадь застройки: 6,000,000 кв. м., площадь дома: 400 кв. м.
 Строительные Материалы: различные экологические материалы.



ТАБЛИЦА 2.5
Примеры фиксированных солнцезащитных устройств (СЗУ)

	West		
	Dez 8am	Sept 8am	Jun 8am
V 1	33 %	42 %	34 %
V 2	42 %	57 %	52 %
V 3	40 %	54 %	45 %
V 4	36 %	51 %	40 %
V 5	47 %	68 %	56 %
V 6	39 %	49 %	36 %
V 7	7 %	17 %	8 %
V 8	23 %	29 %	13 %
V 9	46 %	56 %	38 %
V 10	63 %	88 %	78 %
V 11	80 %	77 %	71 %
OPT 1	10 %	3 %	0 %
OPT 1	7 %	17 %	8 %

	South		
	Dez 4pm	Dez 12am	Dez 8am
	2 %	27 %	7 %
	2 %	43 %	10 %
	5 %	35 %	12 %
	5 %	28 %	11 %
	1 %	50 %	8 %
	5 %	9 %	11 %
	1 %	7 %	2 %
	22 %	0 %	20 %
	45 %	56 %	37 %
	11 %	90 %	25 %
	79 %	53 %	73 %
	1 %	8 %	7 %
	4 %	18 %	8 %

	East		
	Jun 4pm	Sept 4pm	Dez 4pm
	41 %	49 %	42 %
	56 %	63 %	50 %
	50 %	61 %	48 %
	46 %	56 %	47 %
	61 %	75 %	55 %
	47 %	58 %	50 %
	17 %	21 %	10 %
	22 %	28 %	31 %
	50 %	63 %	47 %
	78 %	89 %	66 %
	79 %	81 %	86 %
	7 %	13 %	20 %
	17 %	21 %	10 %

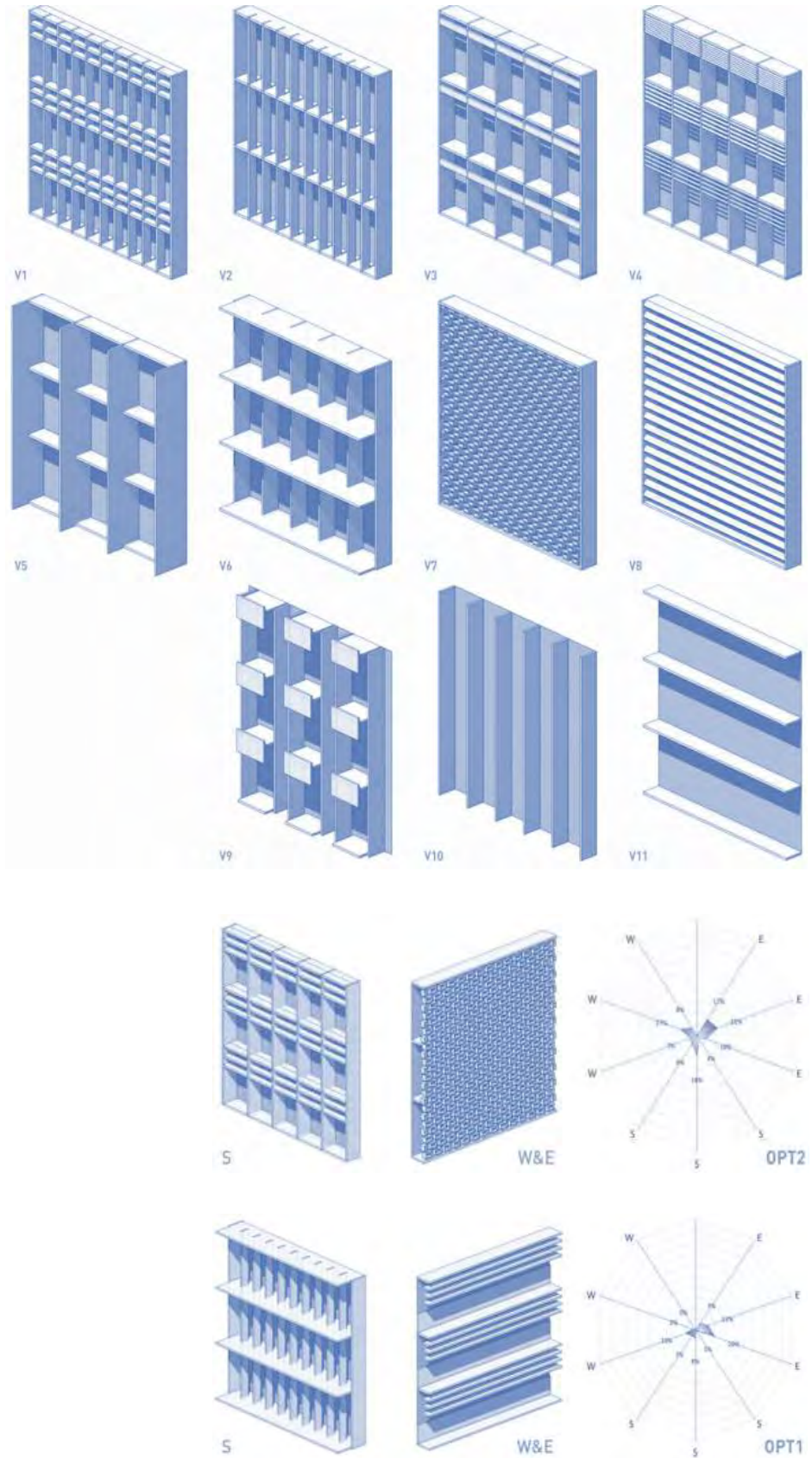


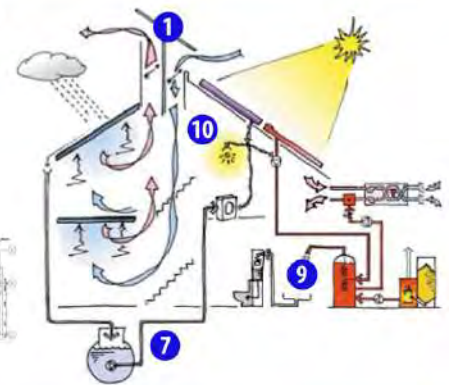
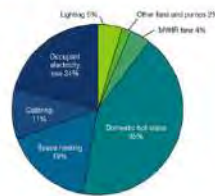
ТАБЛИЦА 2.6

Дом с нулевым потреблением энергии “The lighthouse” в Уотфорде (Англия), арх. Kingspan

**ДОМ С НУЛЕВЫМ
ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ
“LIGHTHOUSE”,
УОТФОРД, АНГЛИЯ**



- АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС**
- 1 Двухнаправленный ветроуловитель
 - 2 Местные материалы
 - 3 Механическая вентиляция с рекуперацией тепла
 - 4 Многофункциональные пространства
 - 5 Перерабатываемые строительные материалы
 - 6 Солнечный коллектор
 - 7 Системы обработки и рециркуляции воды
 - 8 Фотоэлектрические солнечные панели
 - 9 Экологические инженерные системы и оборудование
 - 10 Энергосберегающее освещение



Дом с нулевым потреблением энергии “lighthouse”, Уотфорд, Англия

Архитекторы: Kingspan

Год постройки: 2006

Площадь дома: 93 кв. м.

Строительные материалы: бетон, деревянная теплоизоляционная панель



ТАБЛИЦА 2.7

Дом “The above board living house” в Бронте (Австралия), арх. Luigi Rosselli Architects

ДОМ “ABOVE BOARD LIVING”, БРОНТЕ, АВСТРАЛИЯ



АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

- 1 Глинобитные материалы
- 2 Летние пространства (балкон, терраса и внутренний двор)
- 3 Многофункциональные пространства
- 4 Мобильное озеленение
- 5 Минимализм
- 6 Озеленение
- 7 Палисадник
- 8 Пространственное расширение
- 9 Солнцезащитные устройства

Дом “Above Board Living”, Бронте, Австралия

Архитекторы: Luigi Rosselli Architects

Год постройки: 2021

Площадь дома: 150 кв. м.

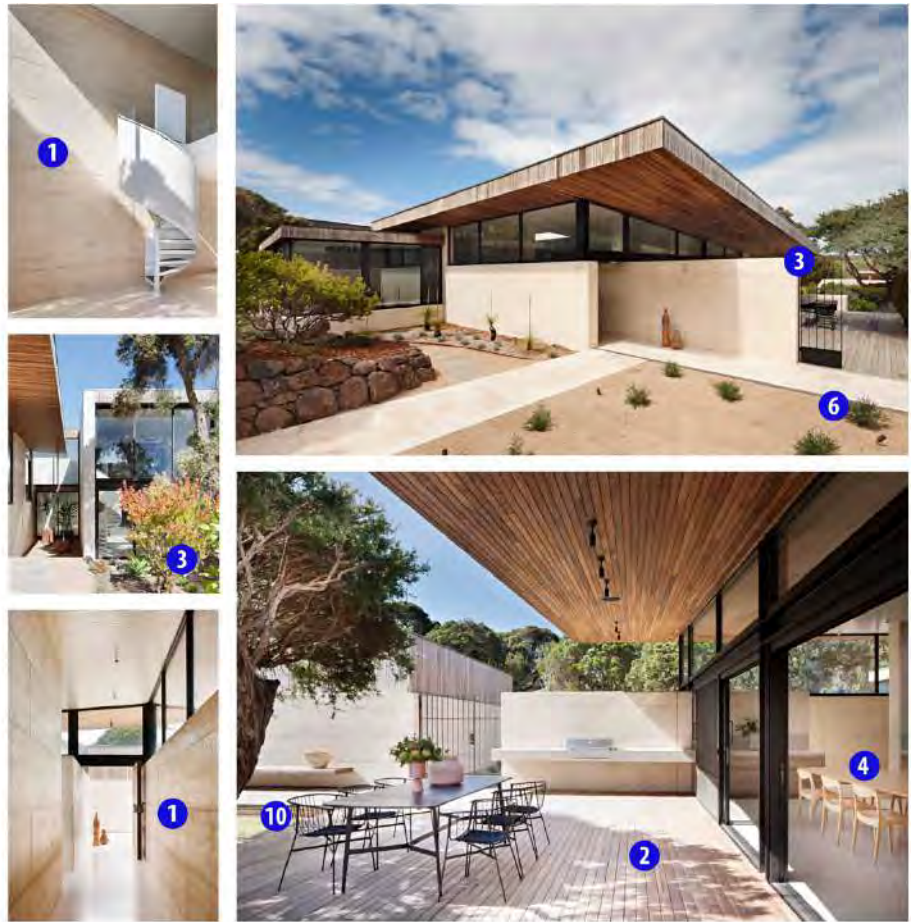
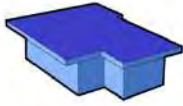
Строительные Материалы: бетон, утрамбованная земля



ТАБЛИЦА 2.8

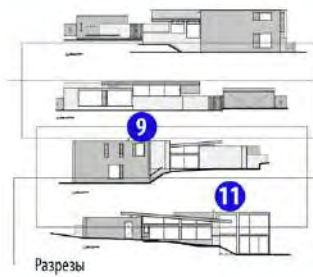
Вилла “The Layer” в Виктории (Австралия), арх. Robson Rak Architects

**ВИЛЛА “THE LAYER”,
Виктория, Австралия**



- 1** Глинобитные материалы
- 2** Летние пространства (веранда, внутренний двор, терраса)
- 3** Лаконизм и минимализм
- 4** Многофункциональные пространства
- 5** Озеленение
- 6** Пространственное расширение
- 7** Местные материалы
- 8** Солнцезащитные устройства
- 9** Солнечный коллектор
- 10** Системы обработки и рециркуляции воды
- 11** Фотоэлектрическая панель

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС



Разрезы

- 1. Entry
- 2. Kitchen
- 3. Bath/Bed
- 4. Dining
- 5. Living
- 6. Bedroom
- 7. Studio
- 8. Terrace
- 9. Porch/Screen
- 10. Landscape (with Room)
- 11. Screen
- 12. Utility
- 13. Entry
- 14. Terrace
- 15. Garage
- 16. Pool Room



План первого этажа

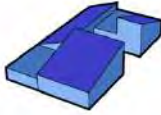


План цокольного этажа

Вилла “Layer”, Виктория, Австралия
 Архитекторы: Robson Rak Architects
 Год постройки: 2016
 Площадь дома: 470 кв. м.
 Строительные Материалы: утрамбованная земля, бетон, дерево.

ТАБЛИЦА 2.9

Дом "The adobe house" в Нью-Мексико (США), арх. Mollhaus

ДОМ "THE ADOBE HOUSE",
Нью-Мексико, США

- 1 GUEST PARKING
- 2 CARPORT
- 3 LIFESTYLE ROOM
- 4 ART GALLERY
- 5 PANTRY/STORAGE
- 6 KITCHEN
- 7 DINING
- 8 LIVING ROOM
- 9 PATIO
- 10 GUEST ROOM
- 11 ART COLLECTION
- 12 GUEST BATHROOM
- 13 LAUNDRY
- 14 CLOSET
- 15 WALK-IN CLOSET
- 16 MASTER BATHROOM
- 17 MASTER BEDROOM

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

- 1 Глинобитные материалы
- 2 Лаконизм и минимализм
- 3 Летние пространства (внутренний двор, терраса)
- 4 Местные материалы
- 5 Многофункциональные пространства
- 6 Перерабатываемые строительные материалы
- 7 Экологические инженерные системы и оборудование
- 8 Энергосберегающее освещение

Дом "The adobe home", Нью-Мексико, США

Архитекторы: Mollhaus

Год постройки: 2017 г.

Площадь дома: 214 кв. м.

Строительные Материалы: глинобитный саман, бетон, дерево и сталь



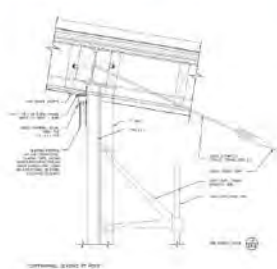
ТАБЛИЦА 2.10

Резиденция “YorkVille” в Северная Калифорния (США), арх. Alan Nicholson Design Studio

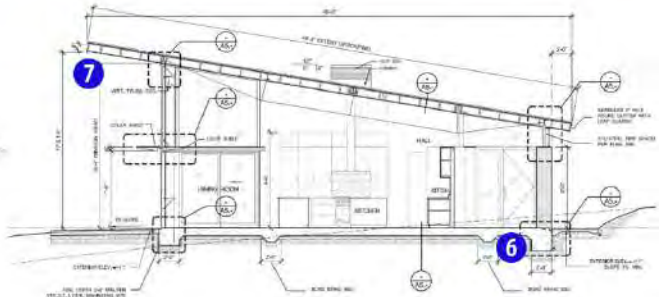
**РЕЗИДЕНЦИЯ
“YORKVILLE”, СЕВЕРНАЯ
КАЛИФОРНИЯ,
США**



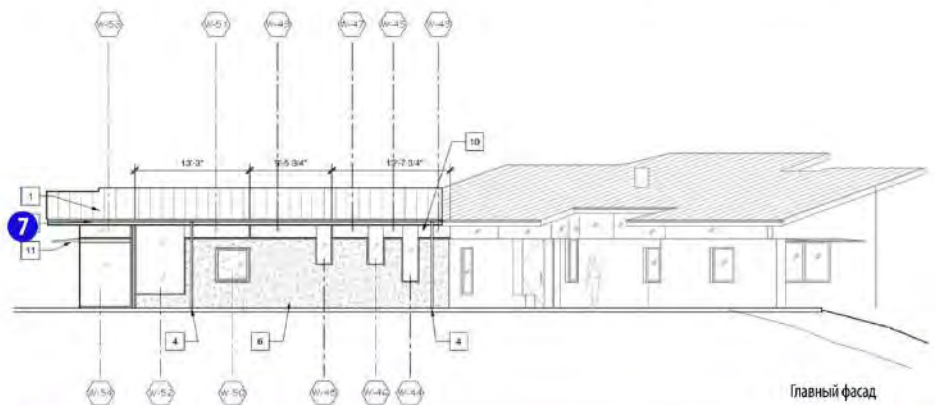
План первого этажа



Конструктивные элементы крыши



Конструктивное решение дома (разрез)



Главный фасад

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

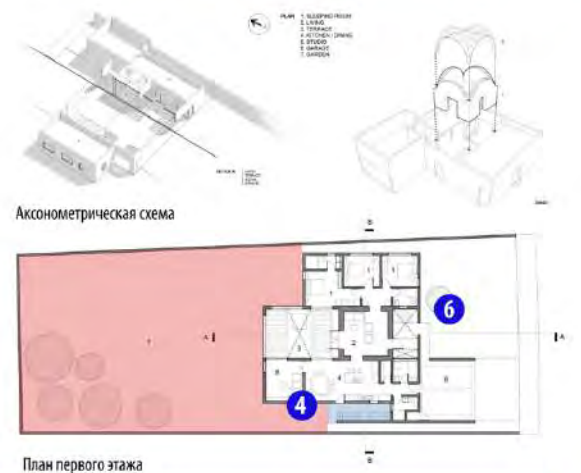
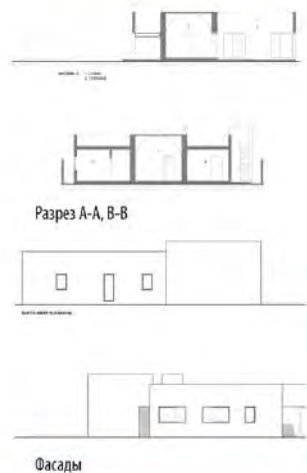
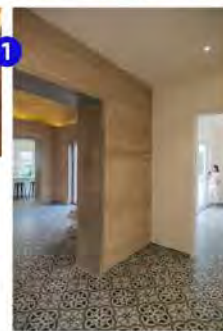
- 1 Глинобитные материалы
- 2 Летние пространства (балкон, терраса и внутренний двор)
- 3 Многофункциональные пространства
- 4 Лаконизм и минимализм
- 5 Озеленение
- 6 Системы обработки и рециркуляции воды
- 7 Солнцезащитные устройства
- 8 Фотоэлектрическая панель

Резиденция “YorkVille”, Северная Калифорния, США
 Архитекторы: Alan Nicholson Design Studio
 Год постройки: 2014
 Площадь дома: 255 кв. м.
 Строительные Материалы: утрамбованная земля, бетон, дерево и сталь.

ТАБЛИЦА 2.11

Дом “Earth House“ в Мерида (Мексика), арх. EarthLABStudio

ДОМ “EARTH HOUSE”,
МЕРИДА, МЕКСИКА



АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

- 1 Глинобитные материалы
- 2 Лаконизм и минимализм
- 3 Летние пространства (внутренний двор, терраса)
- 4 Многофункциональные пространства
- 5 Местные материалы
- 6 Приватные и полу-приватные пространства

Дом “Earth House“, Мерида, Мексика
 Архитекторы: EarthLABStudio
 Год постройки: 2017
 Площадь дома: 189,3 кв. м.
 Строительные Материалы: утрамбованная земля, кирпич и бетон.



ТАБЛИЦА 2.12

Дом "Munita Gonzalez" в Батуко (Чили) арх. Arias Arquitectos

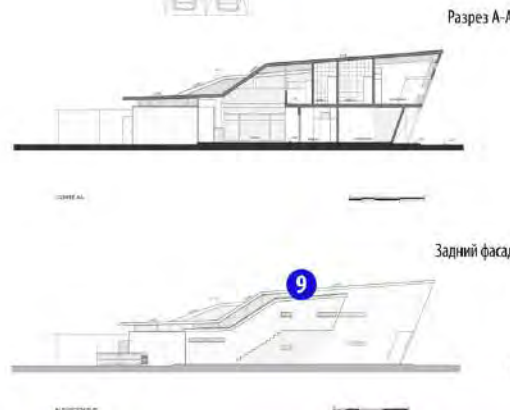
ДОМ "MUNITA GONZALEZ", БАТУКО, ЧИЛИ



План первого этажа



План второго этажа



Разрез А-А



Разрез D-D



Задний фасад



Главный фасад

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС

- 1 Глинобитные материалы
- 2 Летние пространства (веранда, внутренний двор)
- 3 Лаконизм и минимализм
- 4 Многофункциональные пространства
- 5 Перерабатываемые строительные материалы
- 6 Местные материалы
- 7 Солнцезащитные устройства
- 8 Системы обработки и рециркуляции воды
- 9 Фотоэлектрическая панель

Дом "Munita Gonzalez", Батуко, Чили

Архитекторы: Arias Arquitectos

Год постройки: 2010

Площадь дома: 275 кв. м.

Строительные Материалы: утрамбованная земля, бетон, стальная конструкция



ТАБЛИЦА 2.13

Дом “21st Century Vernacular House“ в Айербе (Испания), арх. Edra arquitectura km0

ДОМ “21 ST CENTURY
VERNACULAR”, АЙЕРБ,
ИСПАНИЯ



- АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС
- 1 Глинобитные материалы
 - 2 Компактная жилищная застройка
 - 3 Лаконизм и минимализм
 - 4 Летние пространства (внутренний двор, терраса)
 - 5 Местные материалы
 - 6 Многофункциональные пространства
 - 7 Озеленение
 - 8 Палисадник
 - 9 Фотоэлектрическая панель
 - 10 Экологические инженерные системы и оборудование

Дом “21st Century Vernacular House“, Айерб, Испания

Архитекторы: Edra arquitectura km0

Год постройки: 2014

Площадь дома: 276 кв. м.

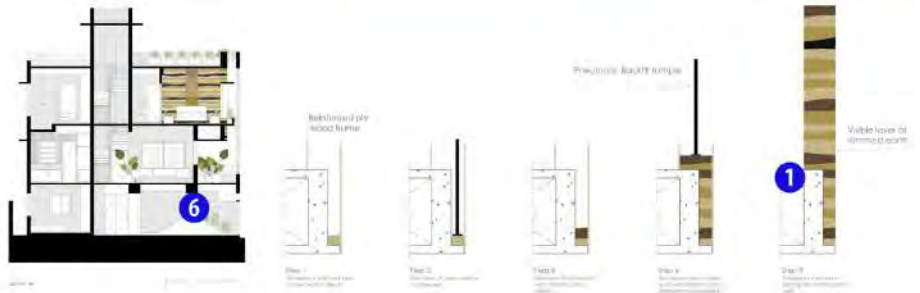
Строительные Материалы: утрамбованная земля камен, бетон и дерево.



ТАБЛИЦА 2.14

Дом “Frammed Earth House” в Сурат (Индия), арх. D'WELL

ДОМ “FRAMMED EARTH”,
СУРАТ, ИНДИЯ



АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЖ

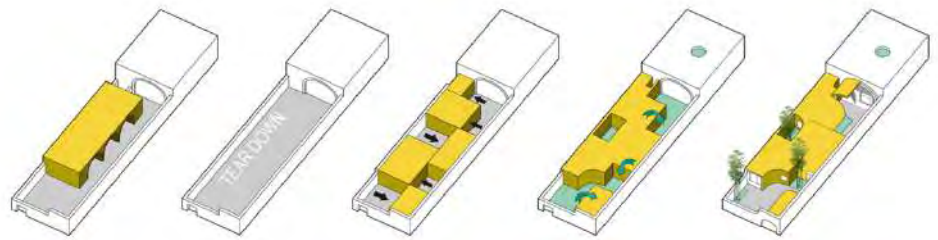
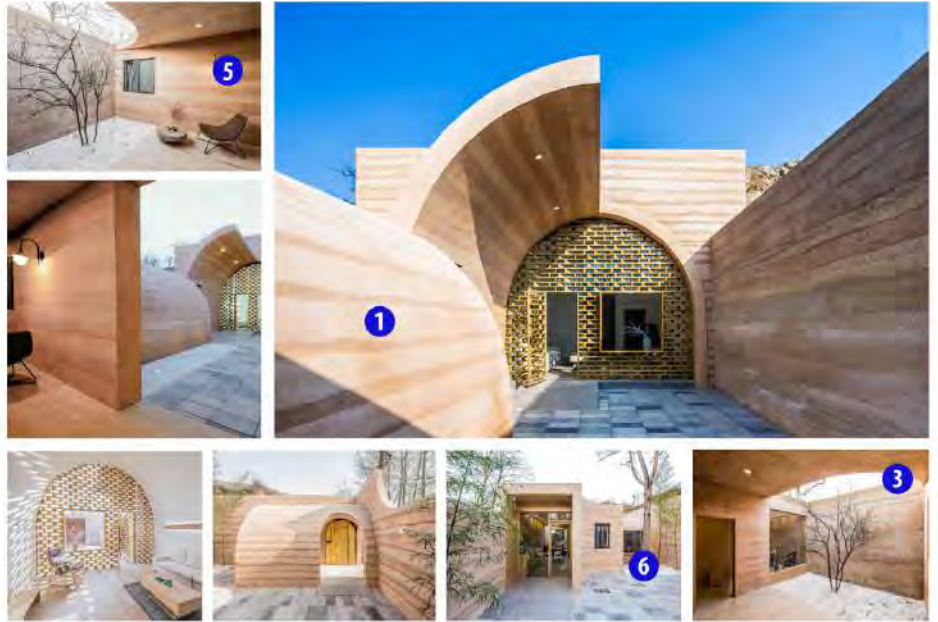
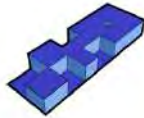
- 1 Глинобитные материалы
- 2 Летние пространства (балкон, терраса и внутренний двор)
- 3 Многофункциональные пространства
- 4 Лаконизм и минимализм
- 5 Озеленение
- 6 Приватные и полу-приватные пространства
- 7 Солнцезащитные устройства

Дом “Frammed Earth, Сурат, Индия
 Архитекторы: D'WELL.
 Год постройки: 2022
 Площадь дома: 367 кв. м.
 Строительные Материалы: утрамбованная земля, бетонным конструкция.

ТАБЛИЦА 2.15

Пещерный дом на лёссовом плато в провинция Шаньси (Китай), арх. Hupersity Architects

ДОМ "CAVE HOUSE ON LOESS PLATEAU",
ПРОВИНЦИЯ ШАНЬСИ,
КИТАЙ



АксонOMETрическая схема дома



План первого этажа

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖС

- 1 Глинобитные материалы
- 2 Зенитные фонари
- 3 Лаконизм и минимализм
- 4 Летние пространства (внутренний двор)
- 5 Местные материалы
- 6 Озеленение
- 7 Приватные и полу-приватные пространства
- 8 Солнцезащитные устройства

Пещерный дом на лёссовом плато, провинция Шаньси, Китай

Архитекторы: Hupersity Architects.

Год постройки: 2016

Площадь дома: 278 кв. м.

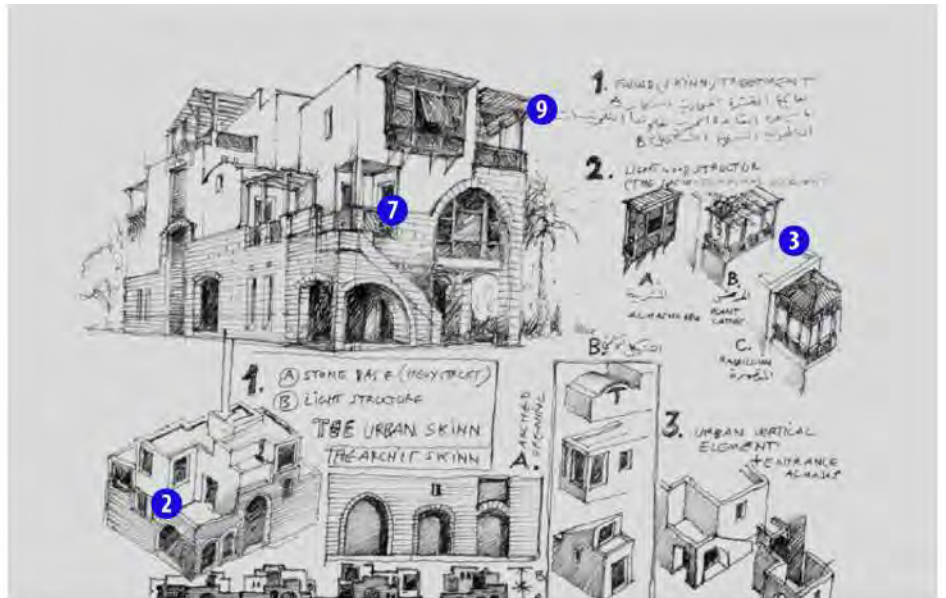
Строительные Материалы: утрамбованная земля, бетон.



ТАБЛИЦА 2.16

Дом “Лу’луат Аль-Раха” в Абу-Даби, (ОАЭ), арх. Расем Бадран

ДОМ “ЛУ’ЛУАТ АЛЬ-РАХА”
АБУ-ДАБИ, ОАЭ



Дом 1

Дом 2

Дом 3

Дом 4

АТТРИБУТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЖЗ

- 1 Лаконизм и минимализм
- 2 Летние пространства (балкон, внутренний двор, терраса)
- 3 Машрабия
- 4 Местные материалы
- 5 Озеленение
- 6 Приватность (визуальная и акустическая)
- 7 Приватные и полу-приватные пространства
- 8 Солнцезащитные устройства
- 9 Традиционные архитектурные элементы



Лу’луат Аль-Раха, Абу-Даби, ОАЭ

Архитекторы: Расем Бадран

Год постройки: 2010

Площадь застройки: н/д

Строительные Материалы: камень и бетонним конструкция.



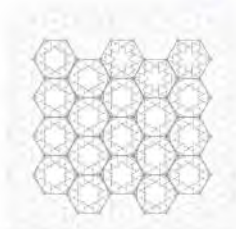
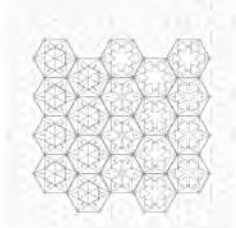
ТАБЛИЦА 2.17

Пример использования кинетических фасадных систем, вилла “НIVE” в Сурате (Индия), арх. Openideas Architects

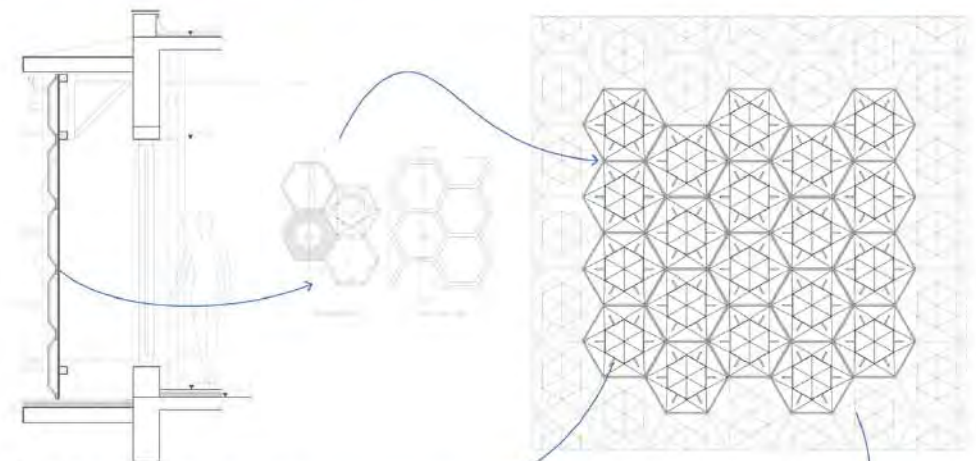
ВИЛЛА “НIVE”, СУРАТ, ИНДИЯ



Закрытие фасада



Открытие фасада

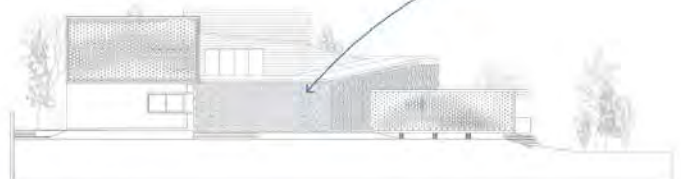


Детальный разрез затеняющего устройства

Кинетический фасад дома



План первого этажа



Главный фасад

Вилла “НIVE”, СУРАТ, ИНДИЯ

Архитекторы: Openideas Architects

Год постройки: 2019 г.

Площадь дома: 600 кв. м.

Строительные материалы фасада: металл с порошковым покрытием SS.



ТАБЛИЦА 2.18

Анализ зарубежного опыта формирования архитектуры ИЖЗ с применением технологий 3D-строительных принтеров



1

2

↑
Благотворительные дома, Табаско, Мексика

Разработчик: New story, ICON

Год постройки: 2018 г.

Строительные материалы: цементные смеси

↑
Резиденции «The East 17th Street», Техас, США

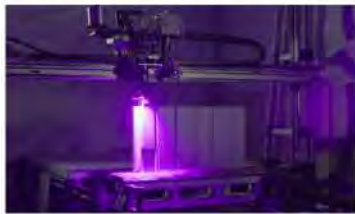
Разработчик: Logan Architecture, ICON

Год постройки: 2021 г.

Строительные материалы: цементные смеси

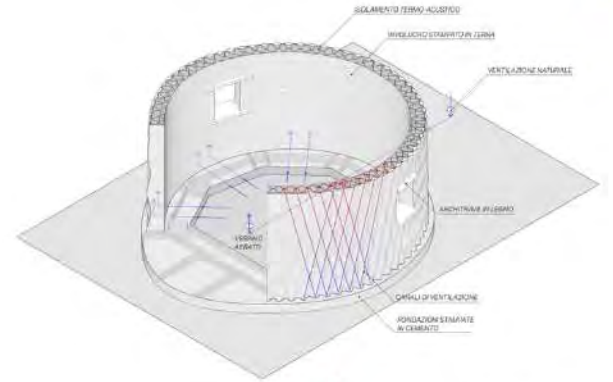
ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 2.18

3



План первого этажа

4



Разрезы по наружной стене дома

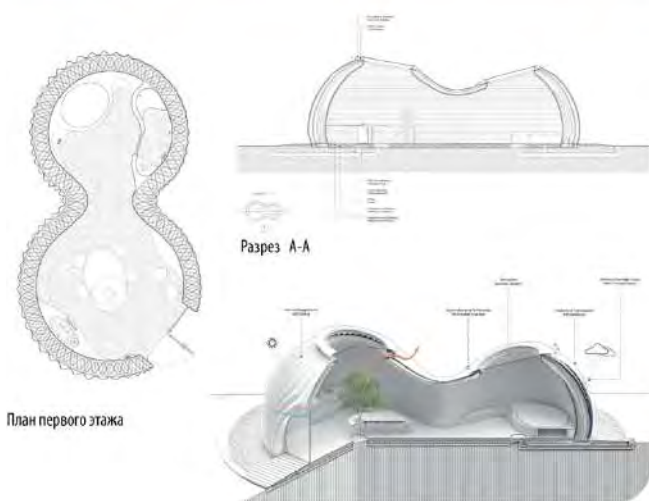


↑
Дом «Mighty», Южная Калифорния, США
 Разработчик: EYRC
 Год постройки: 2022 г.
 Строительные материалы: цементные смеси

↑
Земляной дом «Gaia», Массачусеттс, Италия
 Разработчик: WASP
 Год постройки: 2018 г.
 Строительные материалы: глинобитные смеси

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 2.18

4

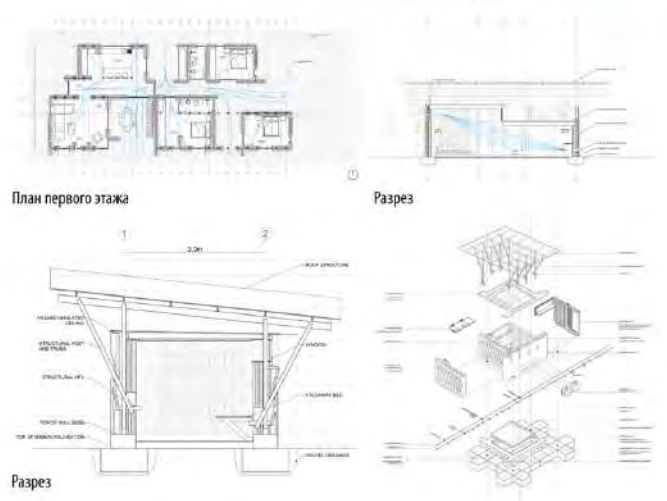


↑
Экологический Дом «Tecla», Болонья, Италия
 Разработчик: WASP
 Год постройки: 2021 г.
 Строительные материалы: глинобитные смеси

6



Процесс возведения стен



↑
Дом «TOVA», Барселона, Испания
 Разработчик: IAAC, WASP
 Год постройки: 2022 г.
 Строительные материалы: глинобитные смеси

ТАБЛИЦА 3.1

Принципы формирования современных индивидуальных жилых зданий городов Сахары

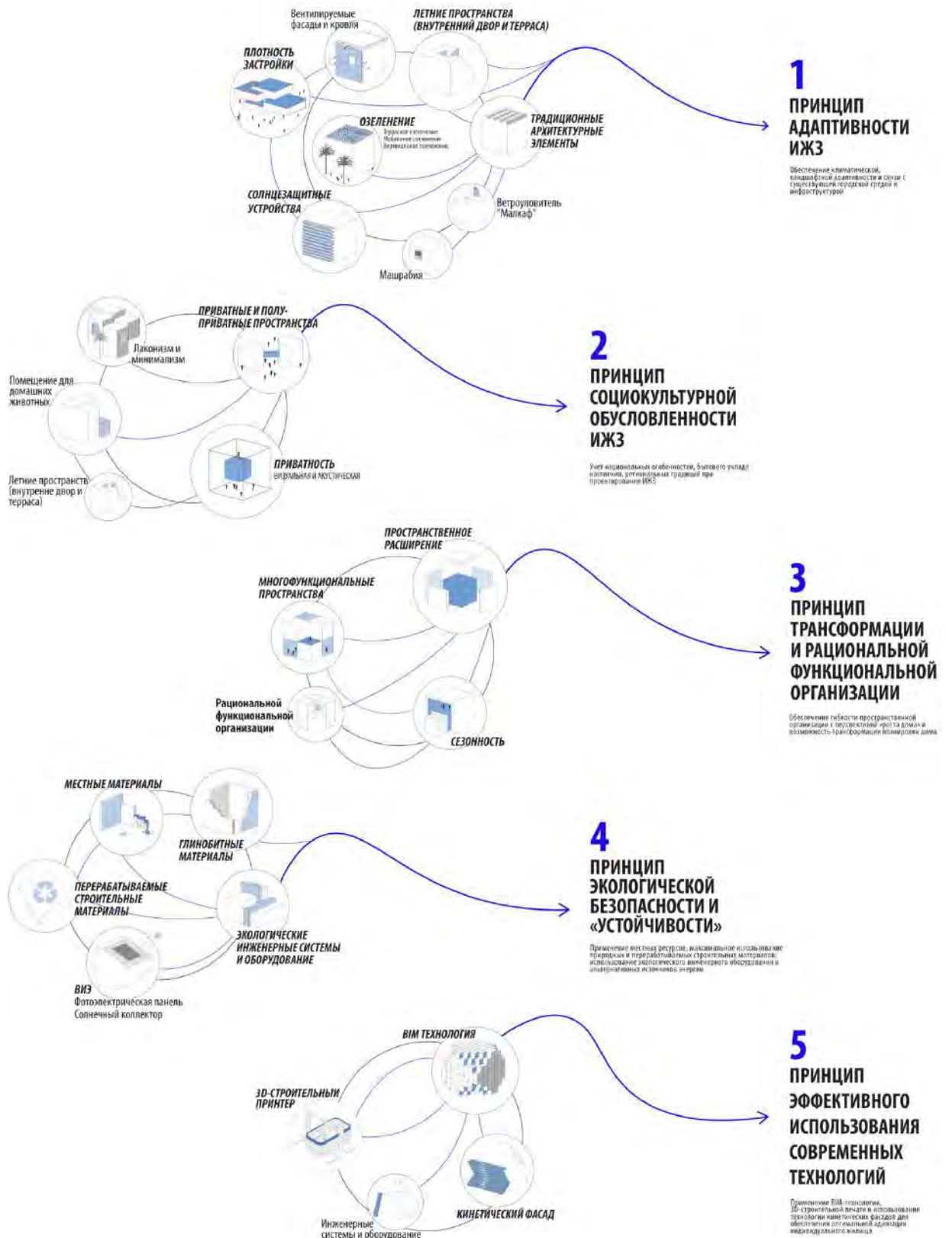


ТАБЛИЦА 3.2

Модели планировки ИЖЗ массовой застройки (схемы функциональной организации)

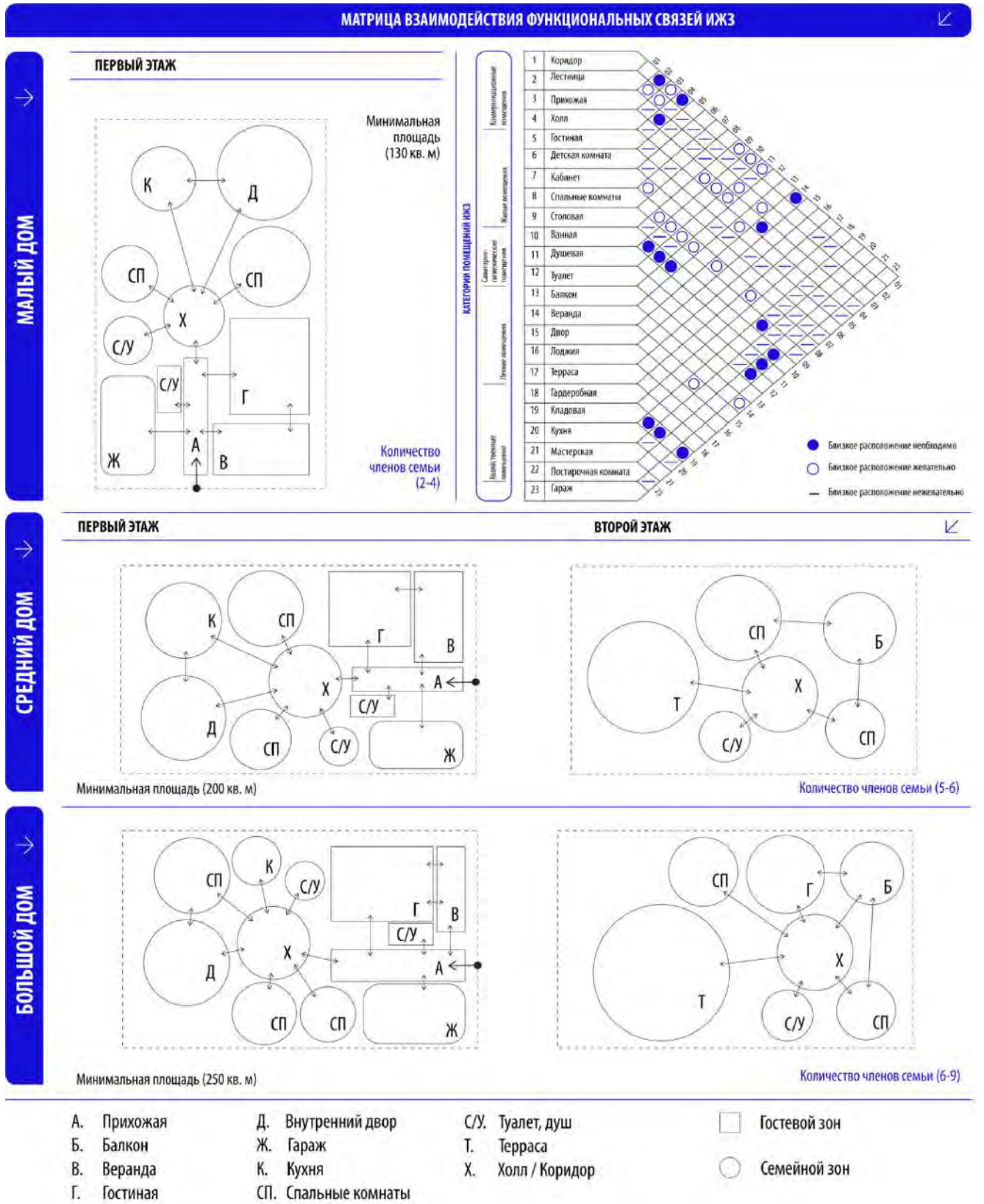


ТАБЛИЦА 3.3
 Схема взаимосвязи критериев оценки эффективности СЗС

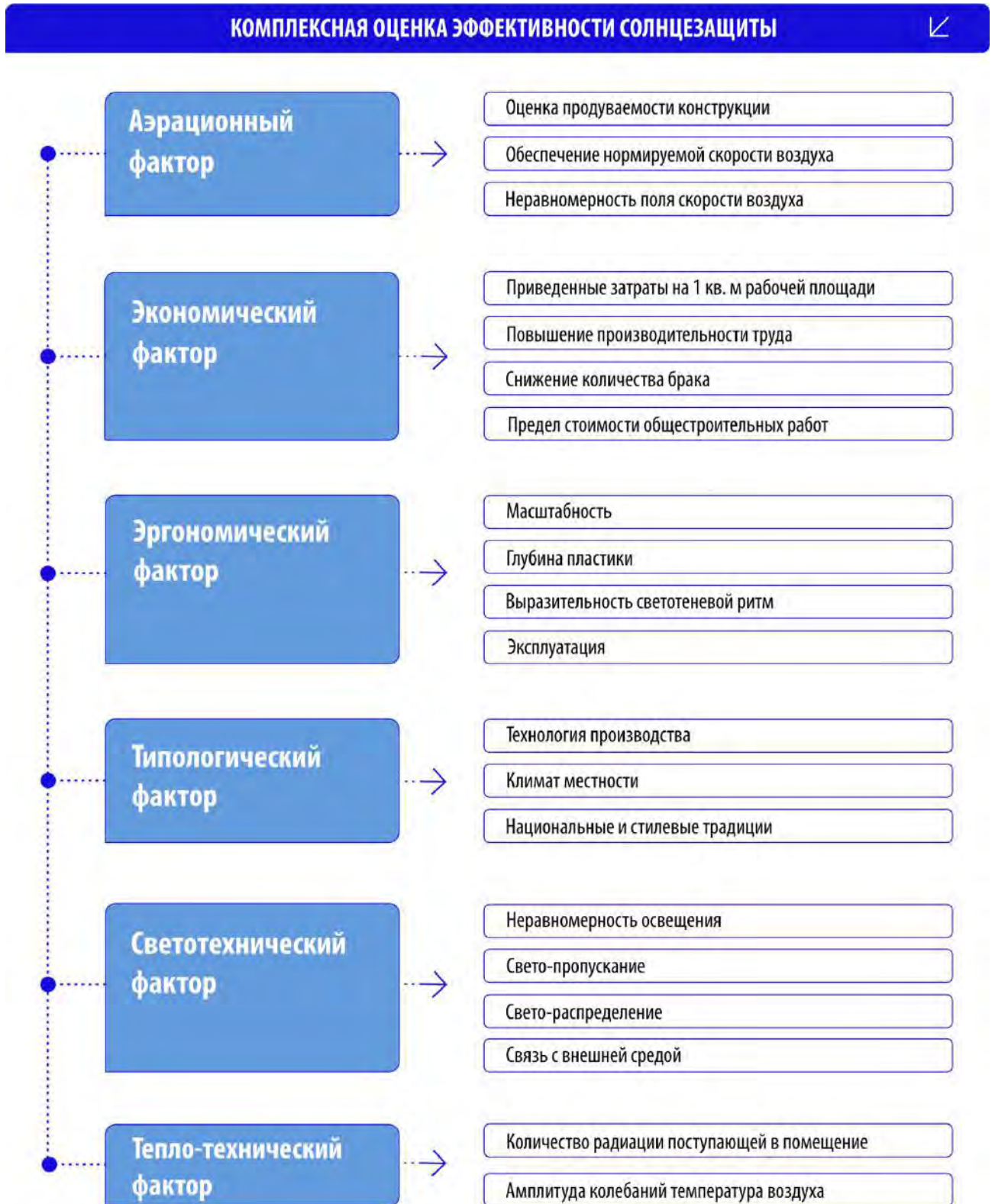
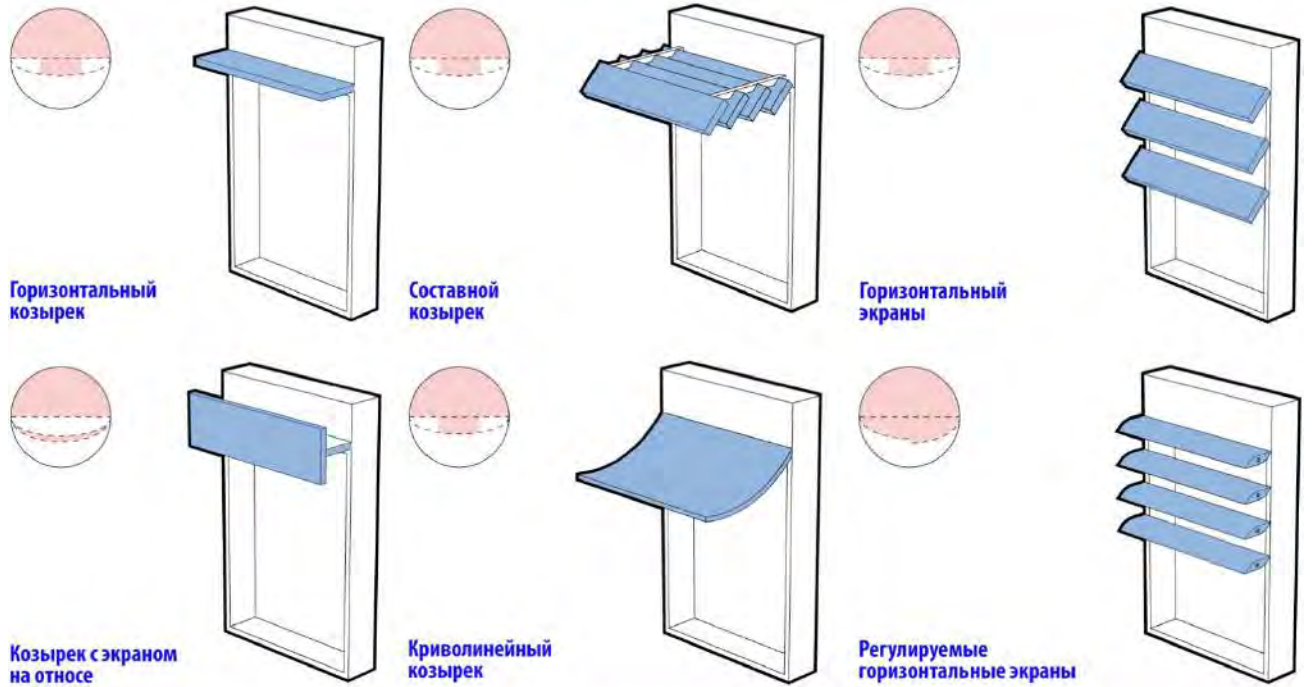


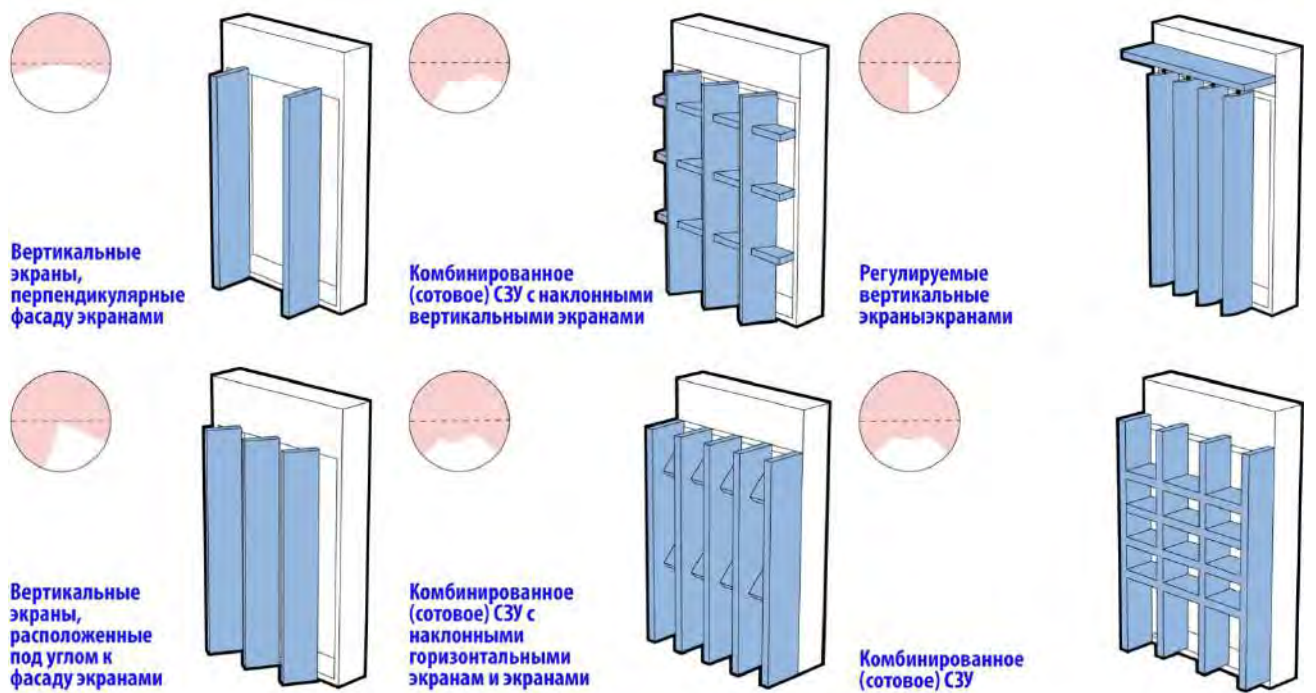
ТАБЛИЦА 3.4

Солнцезащитные устройства, состоящие из отсеков плоскостей и ламелей и их теневые

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ТИПЫ



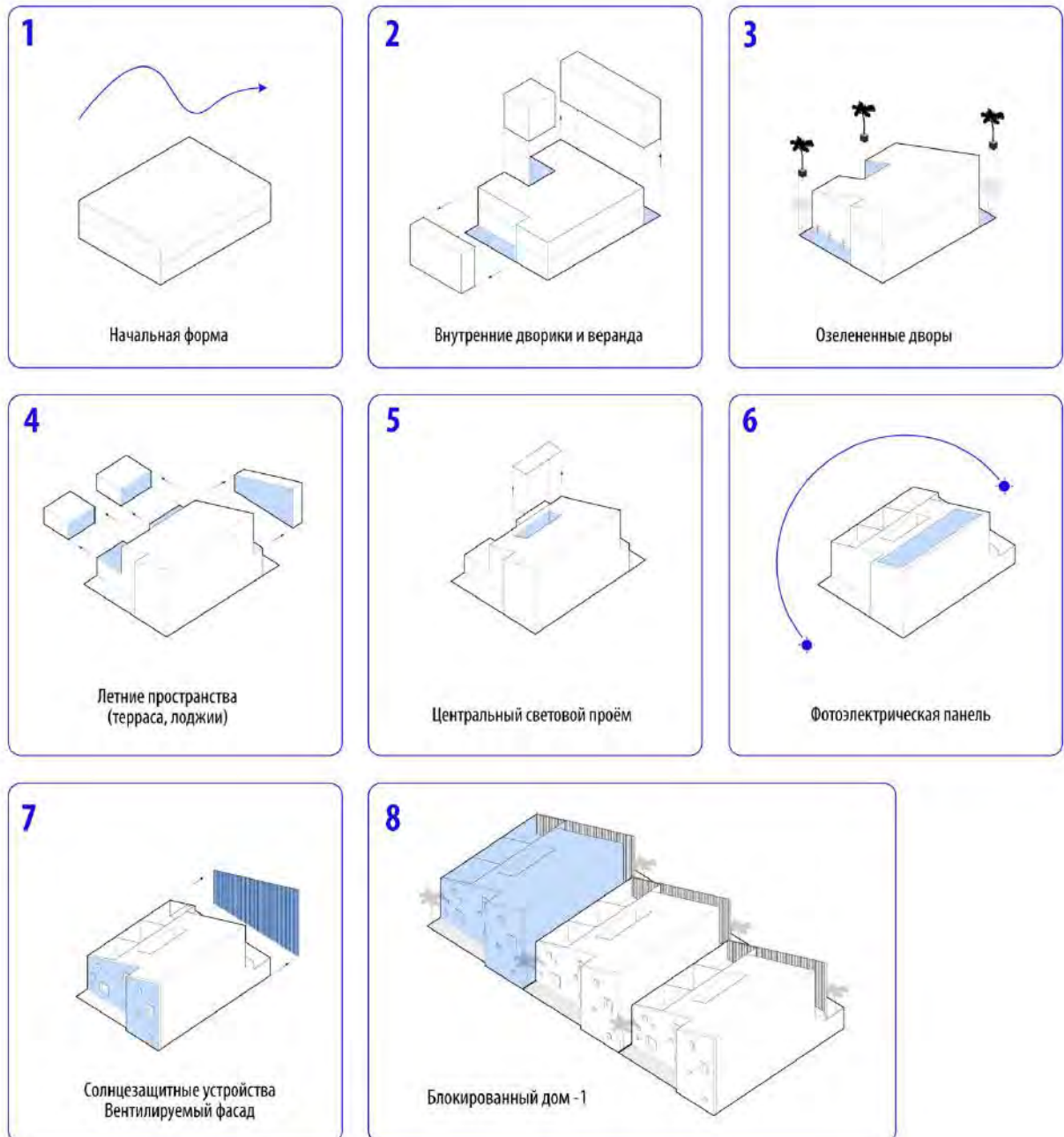
ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ТИПЫ



маски

ТАБЛИЦА 3.5
Проектно-экспериментальное проектирование (Вариант. Б1)

Проектное предложение архитектурно-планировочного решения ИЖЗ (Вариант . Б1)



ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 3.5

Предложения по архитектурно-планировочным решениям блокированных домов (Вариант. Б1)



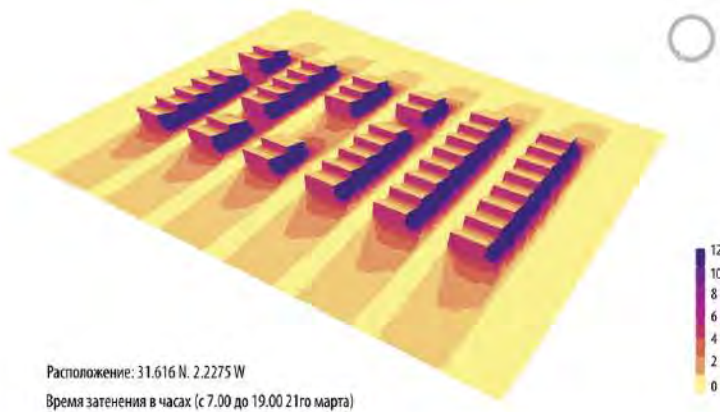
План первого этажа

План второго этажа

План кровли

Рис. 1. Анализ инсоляции жилого участка в программе Shadow analysis 2

Генеральный план



Задний фасад

Главный фасад

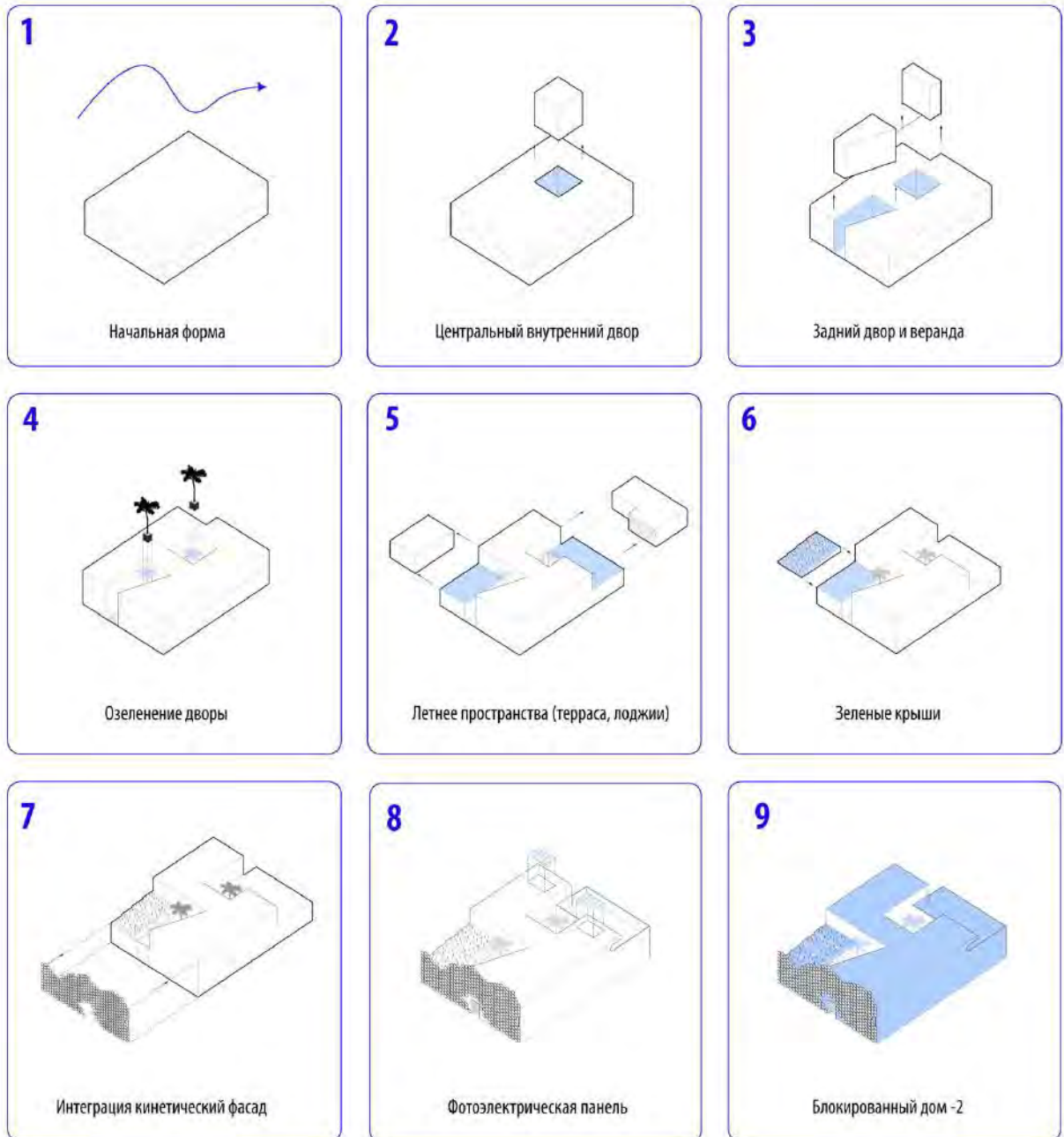
М 1:100



Боковой фасад ИЖЗ

М 1:100





Предложения по архитектурно-планировочным решениям блокированных домов (Вариант. Б2) ↙



План первого этажа

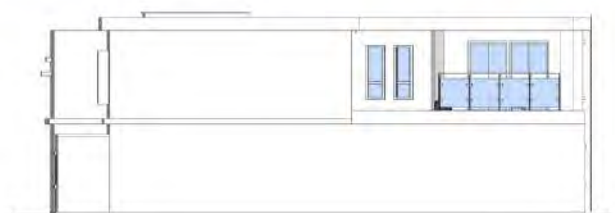
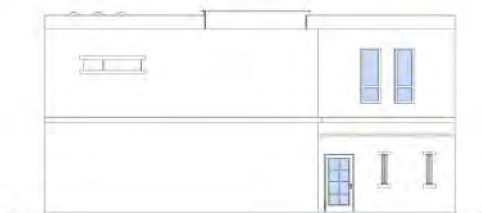
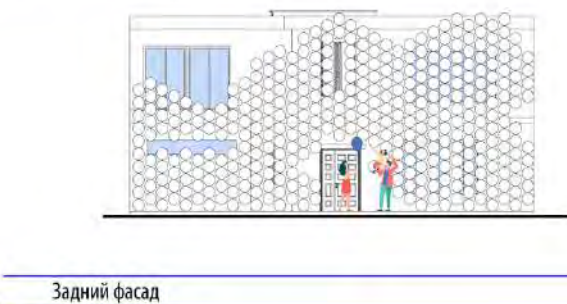
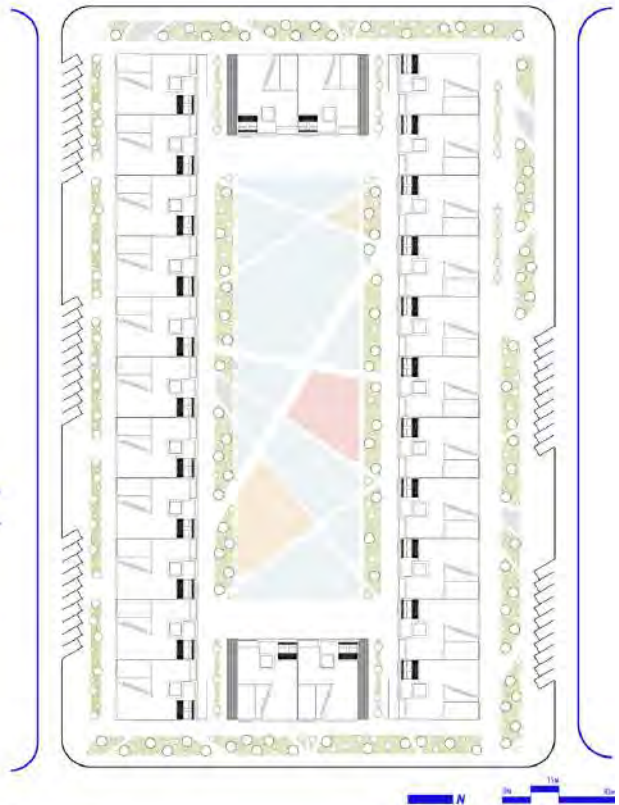
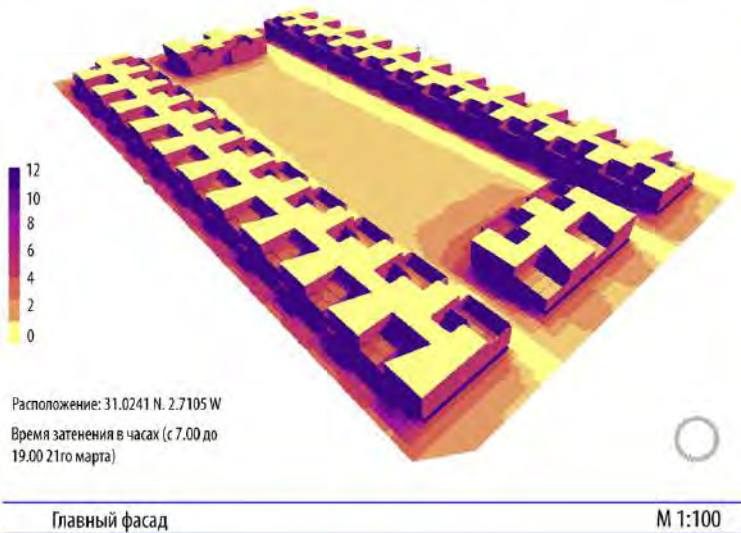
План второго этажа

План кровли

Таблица с перечнем помещений и их площадью, см. выше.

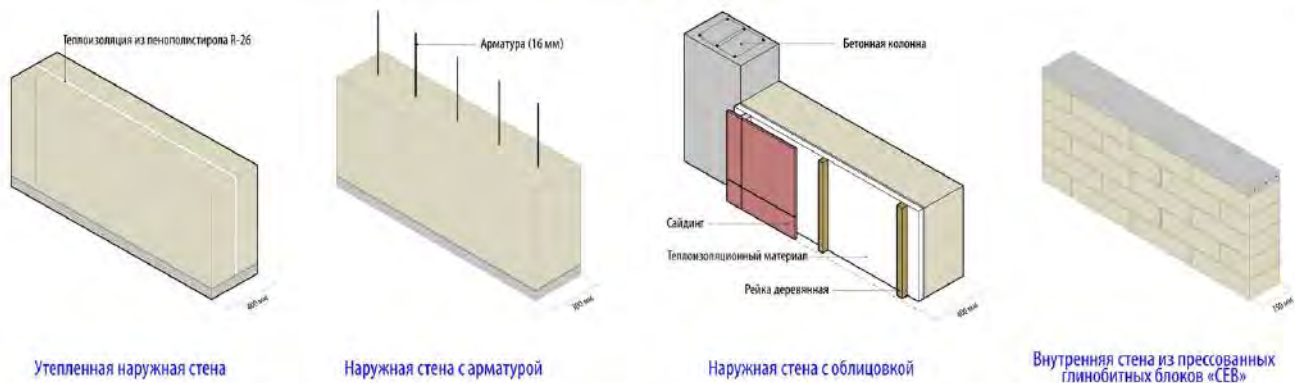
Рис. 1. Анализ инсоляции жилого участка в программе Shadow analysis 2

Генеральный план



**Специфика применения глинобитных материалов в проектом предложении ИЖЗ (Вариант. Б2)
Утрамбованная земля**

ВНУТРЕННИЕ И НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ



Утепленная наружная стена

Наружная стена с арматурой

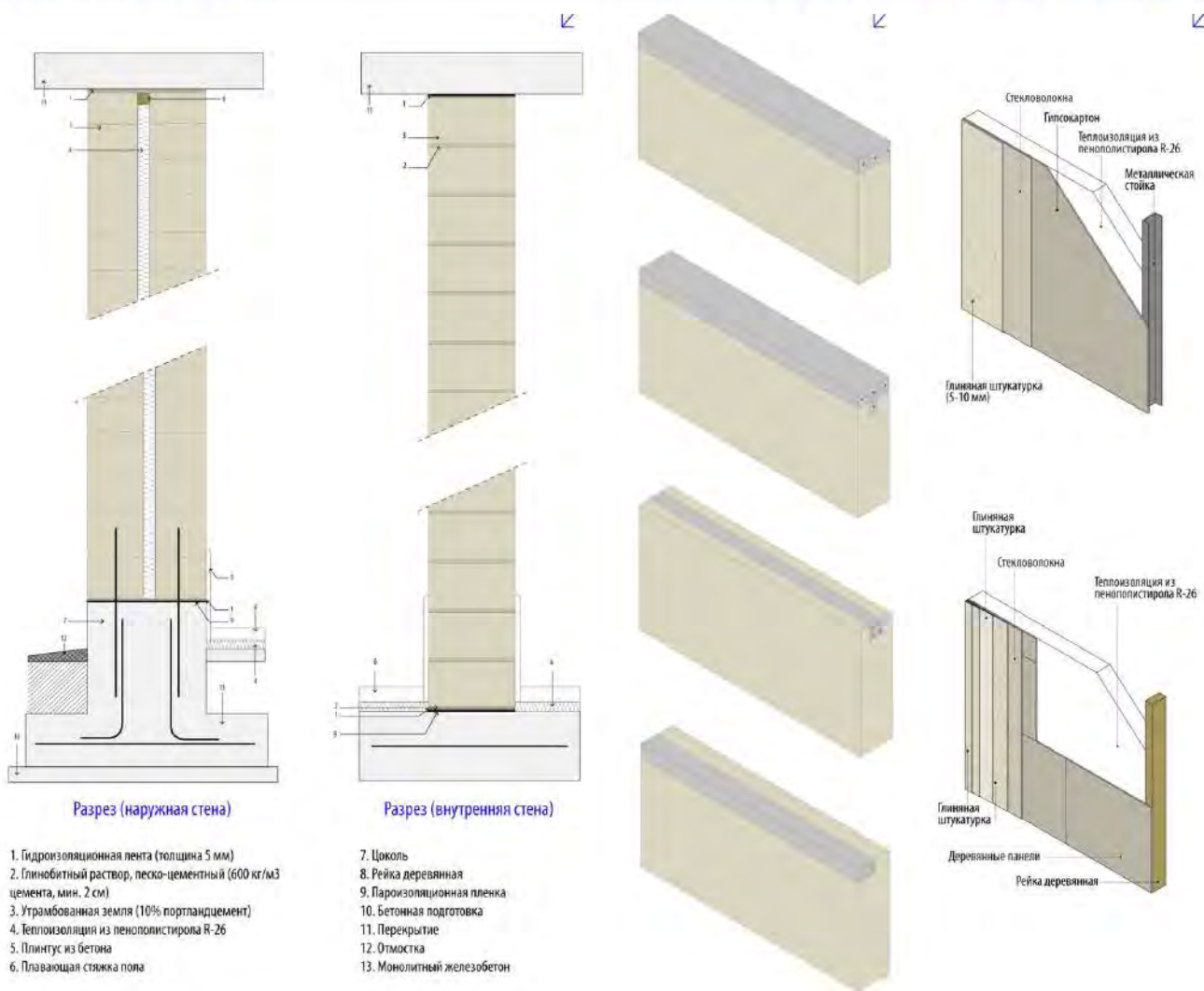
Наружная стена с облицовкой

Внутренняя стена из прессованных глинобитных блоков «СЕВ»

КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗРЕЗ ПО СТЕНЕ

ТИПЫ МОНОЛИТНЫХ АРМОПОЯСОВ

ВНУТРЕННИЕ ПАНЕЛЬНЫЕ СТЕНЫ



Разрез (наружная стена)

Разрез (внутренняя стена)

1. Гидроизоляционная лента (толщина 5 мм)
2. Глинобитный раствор, песко-цементный (600 кг/м³ цемента, мин. 2 см)
3. Утрамбованная земля (10% портландцемент)
4. Теплоизоляция из пенополистирола R-26
5. Плинтус из бетона
6. Плавающая стяжка пола

7. Цоколь
8. Рейка деревянная
9. Пароизоляционная пленка
10. Бетонная подготовка
11. Перекрытие
12. Отмостка
13. Монолитный железобетон

1. Глиняная штукатурка (5-10 мм)
2. Стекловолокно
3. Гипсокартон
4. Теплоизоляция из пенополистирола R-26
5. Металлическая стойка

1. Глиняная штукатурка
2. Стекловолокно
3. Теплоизоляция из пенополистирола R-26
4. Деревянные панели
5. Рейка деревянная

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСТОЧНИКИ ИЛЛЮСТРАЦИЙ

- ТАБЛ. 1.1** Анализ климатических условий пустыни Сахара (дожди, солнечная инсоляция и ветры) – URL: <https://www.oecd.org/swac/maps/maps-atlasofthesahara-sahel.htm> (дата обращения 22.11.2022).
- ТАБЛ. 1.2** Факторы, влияющие на архитектурное формирование индивидуальных жилых зданий на территории пустыни Сахара – URL: <https://www.oecd.org/swac/maps/maps-atlasofthesahara-sahel.htm> (дата обращения 14.12.2022).
- ТАБЛ. 1.3** Анализ градостроительного развития городов Сахары – период VI - XIX в.в. (схема автора).
- ТАБЛ. 1.4** Анализ исторического и градостроительного развития городов Сахары – колониальный период (схема автора).
- ТАБЛ. 1.5** Анализ исторического и градостроительного развития городов Сахары – пост-колониальный период (схема автора).
- ТАБЛ. 1.6** Развития генеральный план г. Адрар (Алжир), в виде трех основных типов застройки (S. M. Trache, reprise par Fl. Troin, CITERES, 2018).
- ТАБЛ. 1.7** Анализ городских проблем жилых районов в городах пустыни Сахара (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.8** Анализ обеспеченности озелененными территориями застроек городов Сахары (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.9** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, жилая группа AADL 100 Туггурте, Алжир (Таблица разработана автором). Фотофиксация - URL: <https://viesdevilles.net/pvdv/26/projet-des-100-logements-aadl-a-touggourt-wilaya-de-ouargla-2eme-prix-nation-al-darchitecture-2004> (дата обращения 14.12.2022).
- ТАБЛ. 1.10** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, жилая группа университета Агадес, Нигер (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.11** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартал Аль-Салам Таманрассет, Алжир (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.12** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартал Аль-Кахира, Сабха, Ливия (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.13** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартальная застройка района Тафилелт, Гардая, Алжир (Таблица разработана автором). Фотофиксация - URL: <https://www.build-green.fr/videos-tafilelt-la-cite-sociale-et-ecologique-emergee-du-desert-algerien/> (дата обращения 23.12.2022).

- ТАБЛ. 1.14** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, 300 домов Тилилан, Адрар, Алжир (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.15** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартал Хуари Бумедьен, Абадлла, Алжир (Таблица разработана автором). Фотофиксация - URL: <https://hiddenarchitecture.net/houari-boumedienne-agricultural-village/> (дата обращения 09.10.2022).
- ТАБЛ. 1.16** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартал Шохадаа 16 Февраль, Гадамес, Ливия (1980-1997 гг.) (Таблица разработана автором). Фотофиксация - URL: <https://theses.whiterose.ac.uk/12001/> (дата обращения 10.11.2022).
- ТАБЛ. 1.17** Пространственное моделирование и анализ застройки жилых групп, квартал Аль Рехааб, Новый Каир, Египет (2002 – 2009 гг.) (Таблица разработана автором). Фотофиксация - URL: <https://www.heidelbergmaterials.com/en/new-cairo-city-al-rehab-and-madinaty-settlements> (дата обращения 14.10.2022).
- ТАБЛ. 1.18** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Кенадса, Алжир (Таблица разработана автором). Планы - URL: https://www.pierreseche.com/AV_2012_ameur_djeradi.htm (дата обращения 28.11.2022).
- ТАБЛ. 1.19** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Аит Абу, Марокко (Таблица разработана автором). Планы и разрезы (Chiara Pietropaolo, 2015).
- ТАБЛ. 1.20** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Гардая, Алжир (Таблица разработана автором). Планы - URL: <https://adamachrati.com/2014/01/16/traditional-homes-in-the-mzab-valley/> (дата обращения 10.11.2022).
- ТАБЛ. 1.21** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Гадамес, Ливия (Таблица разработана автором). Планы - URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Simulation-of-Traditional-and-Contemporary-in-Libya-Alabid-Taki/afda200635894532dcee729a37-b0992dcdf02262> (дата обращения 14.09.2022).
- ТАБЛ. 1.22** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, дом Эддеймани, Тиндуф, Алжир (Таблица разработана автором). Планы - URL: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789-1183> (дата обращения 10.11.2022).
- ТАБЛ. 1.23** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Тиссергат, Марокко (Таблица разработана автором). Планы и разрез (Baglioni E., 2009).
- ТАБЛ. 1.24** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Долина Драа, Марокко (Таблица разработана автором). Планы

- URL: <https://theses.hal.science/tel-02160856/document> (дата обращения 23.12.2022).
- ТАБЛ. 1.25** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Дженне, Мали (Таблица разработана автором). Планы - URL: <https://built-heritage.springeropen.com/articles/10.1186/s43238-021-00040-y> (дата обращения 20.07.2022).
- ТАБЛ. 1.26** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Нубия, Египет (Таблица разработана автором). Планы - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016816000065#f0015> (дата обращения 16.06.2022).
- ТАБЛ. 1.27** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Чингетти, Мавритания (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.28** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Матмата, Тунис (Таблица разработана автором). Планы - URL: https://amp.issuu.com/souhirhabouria/docs/rapport_m_moire/29 (дата обращения 09.12.2022). https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.hamajimagazine.com%2Fmauritania-at-the-gateway-to-the-sahara%2Fnathalie-guironnet-8308-copy-2%2F&psig=AOvVaw1MdNJIDpNO_V7muTLVNJaT&ust=1673270049177000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKewjdv7bohrj8AhWE_CoKHZ ZiA5QQjhx6BAgAEAs
- ТАБЛ. 1.29** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в пустыне Сахара – традиционные жилища, Гарьян, Ливия (Таблица разработана автором). Планы и разрез - URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Thermal-comfort-%2C-adaptability-and-sustainability-of-Shahran-Reba/f47522163ecfe8fba-5c09b0bd6377c8fc5494530> (дата обращения 10.11.2022).
- ТАБЛ. 1.30** Стилистические особенности традиционной жилой архитектуры пустыни Сахары. Изображения - URL: <http://www.traveladventures.org/continents/africa/-agadez-old-town08.html>
- URL: <https://afrinik.com/the-granary-of-ksar-ouled-soltane/>
- ТАБЛ. 1.31** Стилистические особенности традиционных домов в пустыне Сахара (фасад, главный вход). Изображения - URL: <https://www.hamajimagazine.com/mauritania-at-the-gateway-to-the-sahara/>
- URL: <https://i.pinimg.com/originals/8b/0d/95/8b0d953c93cf7f72066b1b-31cfaca9e4.jpg>
- URL: <http://www.traveladventures.org/continents/africa/agadez-old-town08.html>
- ТАБЛ. 1.32** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в период европейской колонизации – колониальные дома (Таблица разработана автором). Изображения -

- URL: <https://www.judaicalgeria.com/pages/colomb-bechar.html> (дата обращения 13.08.2022).
- ТАБЛ. 1.33** Анализ архитектурного опыта ИЖЗ в период европейской колонизации – колониальные дома (Таблица разработана автором).
Изображения - URL: <http://real.mtak.hu/95418/1/606.2019.14.1.22.pdf> (дата обращения 10.04.2022).
- ТАБЛ. 1.34** Опыт проектирования глинобитных жилых домов, арх. Хасан Фатхи, Египет (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.35** Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара, Египет (Таблица разработана автором). Планы и фасады (Амер Ахмед Саид Абдалла, 2019).
- ТАБЛ. 1.36** Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара, AADL 100, Туггурт, Алжир (Таблица разработана автором).
Изображения - URL: <https://viesdevilles.net/pvdv/26/projet-des-100-logements-aadl-a-tougourt-wilaya-de-ouargla-2eme-prix-national-darchitecture-2004> (дата обращения 14.12.2022).
- ТАБЛ. 1.37** Анализ современной архитектуры жилых зданий в пустыне Сахара, Гадамес, Ливия (Таблица разработана автором). Изображения - URL: <https://etheses.whiterose.ac.uk/12001/> (дата обращения 07.09.2022).
- ТАБЛ. 1.38** Анализ современной архитектуры ИЖЗ в пустыне Сахара «самодеятельное строительство» (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 1.39** Схема изменения положения двора в ИЖЗ городов Сахары (схема автора).
- ТАБЛ. 2.1** Дом "Sharifi-Ha" в Тахране (Иран), арх. Alireza Taghaboni. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice> (дата обращения 02.09.2022).
- ТАБЛ. 2.2** Проект "дом с нулевым потреблением энергии", Эр-Рияд (Саудовская Аравия), арх. Ахмед А. Аляхья, Навари О. Навари. Изображения - URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/0c8e/478c0ebdaf3b16b322c5c2b1-742f83e10b7b.pdf> (дата обращения 02.03.2022).
- ТАБЛ. 2.3** Вилла "Passivhaus PHV" в Барве (КАТАР), компания QGBC и BRE. Изображения - URL: <https://www.greenprophet.com/2014/09/qatar-passivhaus-energy-efficient/> (дата обращения 03.08.2022).
- ТАБЛ. 2.4** Масдар-сити и эко-вилла в Абу-Даби (ОАЭ), арх. Foster + Partners. Изображения - URL: <https://masdar.ae/-/media/corporate/downloads/masdar-city/eco-villa-leaflet-en.pdf>. (дата обращения 09.09.2022).
- ТАБЛ. 2.5** Примеры фиксированных солнцезащитных устройств (СЗУ) - URL: <https://urbanalyse.com/research/brise-soleil-study-2/> (дата обращения 03.08.2022).

- ТАБЛ. 2.6** Дом с нулевым потреблением энергии “The lighthouse” в Уотфорде (Англия), арх. Kingspan. Изображения - URL: http://www.solaripedia.com/13/154/1425/lighthouse_zero_energy_home_03.html (дата обращения 03.01.2023).
- ТАБЛ. 2.7** Дом “The above board living house” в Бронте (Австралия), арх. Luigi Rosselli Architects. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/964484/above-board-living-luigi-rosselli-architects> (дата обращения 03.01.2023).
- ТАБЛ. 2.8** Вилла “The Layer” в Виктории (Австралия), арх. Robson Rak Architects. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/871521/layer-house-robson-rak-architects-and-interior-designers> (дата обращения 03.01.2023).
- ТАБЛ. 2.9** Дом "The adobe house" в Нью-Мексико (США), арх. Mollhaus. Изображения - URL: <https://www.dezeen.com/2017/09/04/new-mexico-house-mollhaus-adobe-architecture-desert-terrain-stucco/> (дата обращения 04.01.2023).
- ТАБЛ. 2.10** Резиденция “Yorkville” в Северная Калифорния (США), арх. Alan Nicholson Design Studio. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/803926/yorkville-residence-alan-nicholson-design-studio> (дата обращения 03.01.2023).
- ТАБЛ. 2.11** Дом “Earth House“ в Мериде (Мексика), арх. EarthLABStudio. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/877159/earth-house-earthlab-studio> (дата обращения 04.01.2023).
- ТАБЛ. 2.12** Дом “Munita Gonzalez” в Батуко (Чили) арх. Arias Arquitectos. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/379734/casa-munita-gonzalez-arias-arquitectos-surtierra-arquitectura> (дата обращения 04.01.2023).
- ТАБЛ. 2.13** Дом “21st Century Vernacular House“ в Айербе (Испания), арх. Edra arquitectura km0. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/792763/21st-century-vernacular-house-edra-arquitectura-km0> (дата обращения 01.01.2023).
- ТАБЛ. 2.14** Дом “Frammed Earth House” в Сурат (Индия), арх. D'WELL. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/991945/frammed-earth-house-dwell> (дата обращения 02.01.2023).
- ТАБЛ. 2.15** Пещерный дом на лёссовом плато в провинция Шаньси (Китай), арх. Hupersity Architects. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/803213/cave-house-on-loess-plateau-hipersity-architects> (дата обращения 03.01.2023).
- ТАБЛ. 2.16** Дом “Лу'луат Аль-Раха” в Абу-Даби, (ОАЭ), арх. Расем Бадран. Изображения - URL: <https://badrandesign.com/projects/details/4/luluat-al-raha> (дата обращения 02.01.2023).

- ТАБЛ. 2.17** Пример использования кинетических фасадных систем, вилла “HIVE” в Сурате (Индия), арх. Openideas Architects. Изображения - URL: <https://www.archdaily.com/941969/hive-house-openideas-architects>
- ТАБЛ. 2.18** Анализ зарубежного опыта формирования архитектуры ИЖЗ с применением технологий 3D-строительных принтеров.
- Рис. 1 Благотворительные дома, Табаско, Мексика - URL: <https://www.designboom.com/architecture/worlds-first-3d-printed-neighborhood-in-southern-mexico-houses-12-12-2019/>
- Рис. 2 Резиденции «The East 17th Street», Техас, США - URL: <https://www.iconbuild.com/media-gallery/east-17th-street-residences-mainstream-3d-printed-homes-in-austin>
- Рис. 3 Дом «Mighty», Южная Калифорния, США - URL: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>
- Рис. 4 Земляной дом «Gaia», Масса-Ломбарда, Италия - URL: <https://www.dezeen.com/2022/11/04/mighty-buildings-worlds-first-3d-printed-zero-net-home-california/>
- Рис. 5 Экологический Дом «Tecla», Болоньи, Италия - URL: <https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects>
- Рис. 6 Дом «TOVA», Барселона, Испания - URL: <https://iaac.net/project/3dpa-prototype-2022/> (дата обращения 01.01.2023).
- ТАБЛ. 3.1** Принципы формирования современных индивидуальных жилых зданий городов Сахары (схема автора).
- ТАБЛ. 3.2** Модели планировки ИЖЗ массовой застройки, схемы функциональной организации (схема автора).
- ТАБЛ. 3.3** Схема взаимосвязи критериев оценки эффективности СЗС (Оболенский Н. В, 1988).
- ТАБЛ. 3.4** Солнцезащитные устройства, состоящие из отсеков плоскостей и ламелей и их теневые маски (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 3.5** Проектно-экспериментальное проектирование – Вариант. Б1 (Проект разработан автором).
- ТАБЛ. 3.6** Проектно-экспериментальное проектирование – Вариант. Б2 (Проект разработан автором).
- ТАБЛ. 3.7** Специфика применения глинобитных материалов в проектном предложении ИЖЗ (Вариант. Б1). Прессованный глинобитный блок «СЕВ» (Таблица разработана автором).
- ТАБЛ. 3.8** Специфика применения глинобитных материалов в проектном предложении ИЖЗ (Вариант. Б2). Утрамбованная земля (Таблица разработана автором).