

# ТРАДИЦИИ АРАБСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЯХ

УДК 628.8:72.031.2(=411.21)

ББК 38.762:85.11г(53)

**Р.А. Юсфи, Т.Р. Забалуева**

*Научно-исследовательский Московский Государственный строительный университет,  
Москва, Россия*

## Аннотация

В статье проводится поэтапный анализ нескольких энергоэффективных современных зданий, возведенных на Ближнем Востоке. На первом этапе анализируется интерпретация элементов, взятых из традиционной арабской архитектуры. Затем анализ затрагивает традиционные методы проектирования зданий с пассивной энергоэффективностью или энергосберегающей архитектуры, использующей возобновляемые источники энергии такие, как солнце, ветер, температуры грунта. Анализ завершается выявлением энергетически и экономически выгодной активной системы охлаждения в случае ее наличия в выбранных объектах. В результате предлагаются рекомендации, которые способствуют повышению энергоэффективности и оптимизации пассивных методов охлаждения в современной арабской архитектуре с учетом традиционных приемов строительства.

**Ключевые слова:** традиционная арабская архитектура, энергоэффективные здания, естественная вентиляция, теплоизоляция, активная система охлаждения

## TRADITIONAL ARABIAN ARCHITECTURE ELEMENTS IN ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

**R. Yousfi, T. Zabalueva**

*National Research Moscow State Construction University, Moscow, Russia*

## Abstract

In present article a step-by-step analysis was made of several energy-efficient modern buildings which were erected in the Middle East. The first phase involves analyzing the interpretation of elements which were taken from traditional Arabic architecture. Then the analysis deals with conventional methods of passive design and energy-efficient planning, which uses renewable energy sources like sun, wind and ground temperature. The analysis concludes identifying energy and cost- efficient active cooling system in case of its presence in the selected objects. As a result, recommendations are given that contribute in increasing energy-efficiency and optimization of passive cooling techniques in modern Arabic architecture with consideration of traditional construction methods.

**Keywords:** traditional Arabic architecture, energy-efficient buildings, natural ventilation, thermal insulation, active cooling system

Проблема возможного истощения невозобновляемых энергоресурсов в недалеком будущем общеизвестна. В связи с этим современная архитектура начала постепенно переходить к энергосберегающим способам и энергоэффективным приемам в проектировании и строительстве. В странах арабского мира и Ближнего Востока традиционная архитектура оставила богатейшее наследие приемов и методов

проектирования «пассивных» зданий (энергоэффективных, использующих возобновляемые источники энергии такие, как солнце, ветер, термальные температуры и т.п.) в которых наилучшим образом учитывались климатические условия регионов, отличающихся жарким климатом [1]. Традиционные методы способствуют охлаждению и вентиляции здания с использованием исключительно естественных климатических ресурсов и возобновляемых источников энергии.

Существует множество приемов, используемых в традиционной арабской архитектуре, такие как, внутренний двор, машрабия, малькаф, «бадгир», куполообразные завершения зданий, теневые воздухопроницаемые навесы во внутренних дворах и галереях по внешнему периметру, защищающие пешеходов и фасады от избыточной инсоляции, световентиляционные колодцы и т.п. Ограничиваясь форматом журнальной статьи, в ней будут рассмотрены некоторые из традиционных элементов, которые получили наиболее широкое распространение в современной архитектуре и играют наиболее важную роль в защите жилых и общественных зданий от неблагоприятного воздействия сухого жаркого климата.

Для полного понимания традиционных методов проектирования «пассивных» домов в арабском мире предлагается провести сравнительный анализ современных энергоэффективных зданий, возведенных на Ближнем Востоке, где одновременно применяются традиционные элементы арабской архитектуры в современной интерпретации. Анализ включает в себя энергоэффективные здания, находящиеся в одном и том же регионе, где используются общепринятые сегодня методы проектирования, распространенные во многих странах, где присутствует проблема перегрева. К тому же, анализ выявляет возможность совместной работы традиционных методов проектирования «пассивных» домов с общепринятыми современными методами их проектирования с использованием активных систем охлаждения. В результате получены выводы и рекомендации для оптимального проектирования энергоэффективных зданий на Ближнем Востоке и в других регионах со схожими природно-климатическими условиями.

Говоря об этой теме, невозможно не упомянуть египетского архитектора Хассана Фатхи (Hassan Fat'hi, 1900-1989). Он считается первым арабским архитектором XX века, который стремился использовать в своих проектах традиционные методы строительства, взятые из арабской архитектуры для возведения энергоэффективных и экологических зданий. Тем не менее, также ограничиваясь форматом журнальной статьи, мы выбрали более современные сооружения для нашего анализа.

### **Французская школа имени Шарля де Голля в Дамаске**

В качестве первого объекта выбрана Французская школа имени Шарля де Голля в Дамаске, Сирия. Школа была основана в 2008 году указом французского президента Николя Саркози. В ее проектировании приняли участие архитекторы мастерской «Лион» и Немецкая эко-строительная фирма «Транссолар».

Проект школы был рассчитан на 900 учеников разного возраста. Общая площадь зданий составляет 10 000 м<sup>2</sup>. В школе предусматривается полный цикл образования, от дошкольного до старших классов. Задача архитекторов и строителей заключалась в создании энергоэффективного проекта, который смог бы обеспечить комфортную температуру внутренним помещениям с помощью использования энергосберегающих и экономически выгодных приемов и технологий [2]. В этом объекте использованы приемы и элементы, взятые из традиционной арабской архитектуры.

*Внутренний двор.* Основная функция внутреннего двора заключается в обеспечении естественной вентиляции и освещения. Двор является эффективным средством для создания движения воздуха путем конвекции. В жарком сухом климате ночью воздух во дворе, который нагрелся в течение дня, поднимается и замещается прохладным ночным

воздухом, поступающим снаружи. Накопленный прохладный воздух во дворе проникает и охлаждает окружающие двор комнаты в начале следующего светового дня. Также в течение дня двор самозатеняется окружающими его стенами здания, что помогает внутривдворовому воздуху нагреваться медленно и оставаться прохладным до конца дня [3]. Таким образом, внутренний двор обеспечивает относительно комфортные микроклиматические условия.

Школа состоит из отдельных небольших двухэтажных строений, в которых размещаются помещения для проведения занятий. Строения расположены последовательно друг за другом, а между ними образуются внутренние дворы с зелеными насаждениями (рис. 1б,в). Такая планировочная структура позволяет объединять здания дворами, обладающими благоприятным микроклиматом с прохладным воздухом, который обеспечивается затенением и зелеными насаждениями. Свежий воздух поступает в классы через окна, за счет чего в них постоянно поддерживается комфортная температура. Одновременно дворы выполняют и социальную функцию, образуя пространства, которые предоставляют возможность общения студентов друг с другом в комфортных условиях в свободное время между занятиями (рис. 1а) [2].



а)



б)



в)

Рис. 1. Традиционные климатозащитные приемы строительства: а) внутренний двор в традиционном арабском доме; б) интерпретация внутреннего двора в школе; в) последовательный порядок расположения дворов и зданий с классами в школе

*Ветровая башня «малькаф»* – второй элемент, взятый из традиционной арабской архитектуры. Этот элемент архитектуры активно участвует в создании естественной циркуляции воздуха одновременно двумя разными способами. Во-первых, башня возвышается над зданием и имеет одно или несколько вентиляционных отверстий в верхней части, расположенных со стороны преобладающего направления ветра. Эти отверстия захватывают воздух под напором ветра, движущегося над зданием, который, как правило, бывает прохладным вечером и по ночам, и пропускают его внутрь. Во время жарких суховеев отверстия могут закрываться.

В результате гравитации прохладный, более тяжелый воздух, вошедший через отверстия башни под давлением внешнего ветра с наветренной стороны, опускается вниз и распространяется по помещениям через специальные вентиляционные проемы, вытесняя нагретый в этих помещениях более легкий теплый воздух, вытягиваемый за счет отрицательного давления с подветренной стороны башни. Таким образом создается постоянная циркуляция воздуха с естественным побуждением для проветривания помещений в жаркое время года без дополнительных финансовых затрат на электромеханические устройства (рис. 2) [4].

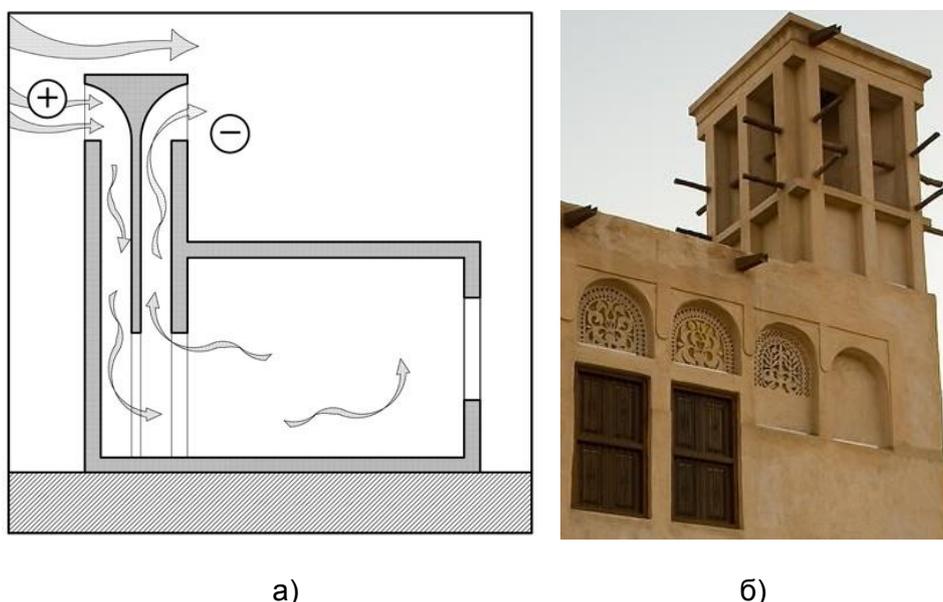


Рис. 2. Ветровая башня «малькаф»: а) схема работы; б) внешний вид башни с четырьмя отверстиями

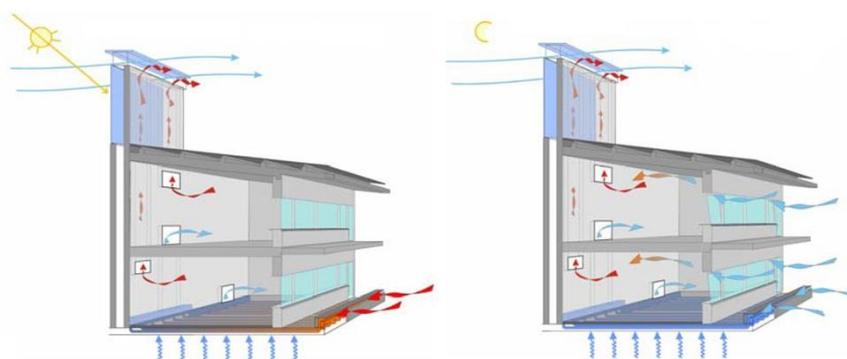
В школе имени Шарля де Голля в Дамаске малькафы присутствуют в каждом строении, которое имеет два этажа. Поверхность малькафов с целью интенсификации нагрева вытягиваемого из помещений воздуха с южной стороны покрыта пластиной черного цвета из поликарбоната (рис. 3а). Такое решение усиливает эффект теплового напора и естественной тяги в башне (рис. 3б) [2].

*Использование подвала в охлаждении помещений* также является традиционным приемом. Этот прием использовался в арабской архитектуре с древних времен. Его суть заключается в одновременном использовании ветровой башни и заглубленного в грунт подвала здания вентиляционного канала. Воздух охлаждается в подвале за счет теплоотдачи в грунт и затем поступает во внутренние помещения, чтобы охладить их. Также воздух мог проникать в отверстие, сделанное в земле, которое шло вглубь в виде туннеля, доходя до подземного канала, где скапливалась грунтовая вода. Такой туннель называется «канат». Воздух, прошедший в туннеле, охлаждался и увлажнялся, после чего поступал в подвал, а затем проникал во внутренние помещения, будучи достаточно прохладным после того, как прошел две стадии охлаждения и увлажнения. Это давало

возможность значительно снизить температуру в комнатах и решало проблему недостаточной влажности воздуха в жаркое время года [5].



а)



б)

Рис. 3. Малькафы в школе имени Шарля де Голля в Дамаске: а) внешний вид; б) схема работы ветровой башни [2]

В школе, кроме основной функции ветровой башни, также к процессу охлаждения подключены маленькие трубы, расположенные под полом в грунте. Их функция заключается в дополнительном охлаждении воздуха перед тем, как он войдет в помещения, благодаря контакту с подстилающим грунтом [2].

Общепринятыми архитектурными приемами для предотвращения перегрева зданий являются элементы затенения. Все внутренние дворы школы оснащены трансформируемыми навесами, которые защищают дворы от избыточной солнечной радиации днем в летнее время, и в то же время открываются ночью для охлаждения дворовых пространств, когда температура наружного воздуха снижается. В зимний период навесы работают наоборот – открываются днем для того, чтобы максимально уловить тепло солнца, а ночью закрываются, чтобы не потерять тепло, полученное в дневные часы [2].

Снижению суточной и сезонной амплитуды колебания температуры во внутренних помещениях способствует усиленная теплоизоляция стен. Наружные стены полые и сделаны из двух слоев шлакобетонных блоков, между которыми находится 5-сантиметровое воздушное пространство, препятствующее поступлению тепловой энергии во внутренние помещения днем. Воздух является одним из самых эффективных теплоизоляторов. В совокупности с эффектом, получаемым благодаря ветровой башне,

оболочка здания охлаждается и обеспечивает комфортную температуру для всего следующего дня. Для дополнительной теплоизоляции и защиты помещений от перегрева в школе используется двойное остекление [2].

### Дом машрабия в Иерусалиме

Дом машрабия расположен в Палестинской деревне Бейт Сафафа, между Иерусалимом и Вифлеемом. Он построен в 2011 году, его площадь составляет 1700 м<sup>2</sup>. Проект принадлежит архитектору Кинана Абделькадеру, основной идеей которого было создание дома, максимально гармонично вписывающегося в ландшафт окружающей местности и отвечающего социальным требованиям [6].

Концепция проекта заключалась в интерпретации традиционных элементов арабской архитектуры в современном композиционном и пластическом решении, что привело к созданию эстетически привлекательного сооружения с энергоэффективными параметрами. Интерпретация традиционных элементов арабской архитектуры проявляется в применении следующих приёмов:

– *Внутреннего двора*, разделяющего жилое здание на две несимметричные части, где в одной расположено большее количество квартир, чем в другой (рис. 4) [6].

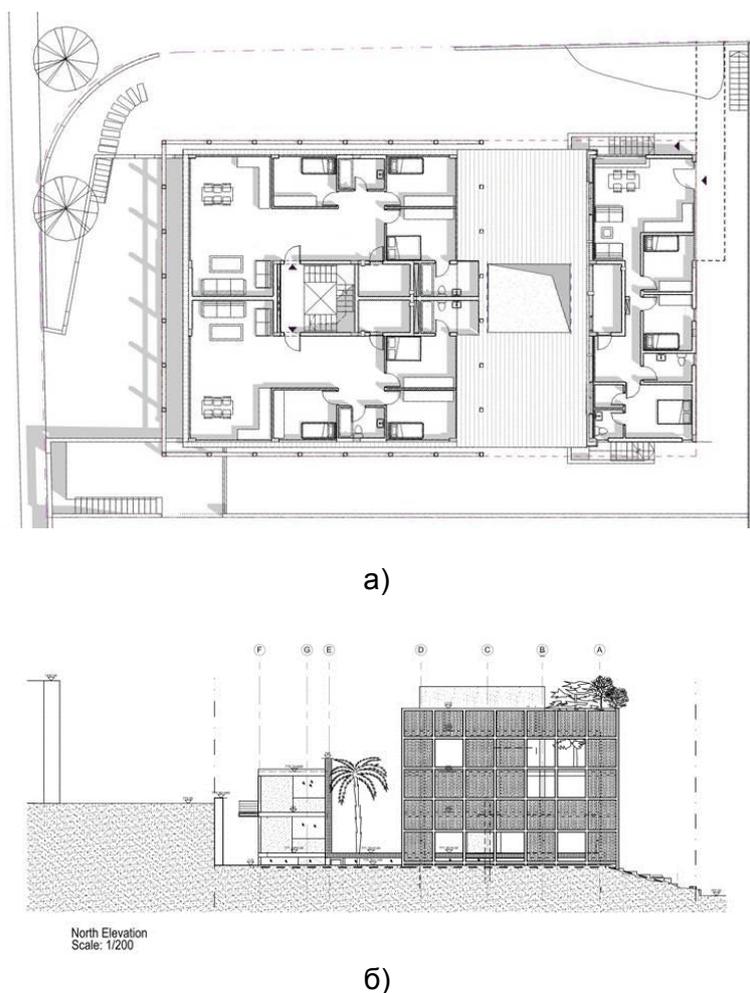


Рис. 4. Дом машрабия в Иерусалиме: а) план с внутренним двором; б) вид внутреннего двора в разрезе дома [6]

– *Машрабия* (окно-балкон с решетчатым ограждением) – часто встречающийся элемент традиционной арабской архитектуры. В традиционном варианте машрабия представляет

собой маленькие сетчатые отверстия круглого сечения в деревянных ограждениях, формирующие своеобразное затенение балкона, эркера, глубокого окна (рис. 5). Машрабия является еще одним очень важным устройством, которое традиционно использовалось для достижения температурного комфорта и конфиденциальности в арабском традиционном доме. Машрабия предназначена для выполнения ряда экологических функций, таких как регулирование проникновения внутрь помещений света и воздуха, снижения температуры и повышения относительной влажности внутренней среды. Одновременно с этим машрабия обеспечивает конфиденциальность, так как жители дома могут наблюдать за происходящим на улице, в то время как их не могут увидеть снаружи. Чтобы регулировать количество света и воздуха и достичь гармоничного соотношения между тенью и светом размер, диаметр и промежутки между отверстиями специально подбирались опытным путем [7].

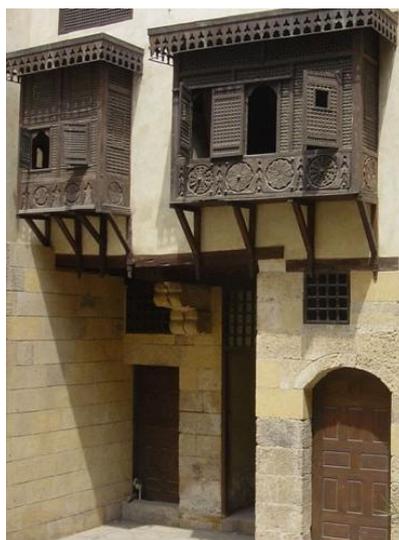


Рис. 5. Машрабия в традиционном арабском доме

В проекте машрабия является акцентирующим элементом в основной задумке архитектора. Она немного отодвинута от несущей стены здания, образуя как бы обволакивающий конверт, который, кроме придания фасаду декоративности, предохраняет его от прямых лучей солнца и обеспечивает конфиденциальность (рис. 6а). Вьющиеся растения, тянущиеся вверх по поверхности машрабии, усиливают её значение как основного элемента затенения (рис. 6б) [6].



а)



б)

Рис. 6. Интерпретация концепции машрабии в современном доме: а) общий вид; б) ползущие растения на машрабии как дополнительный элемент затенения [6]

– *Малькаф (ветровая башня)* – уже описанный выше элемент традиционной архитектуры. Его имитация присутствует в качестве метрового промежутка между декоративной наружной стеной и несущей наружной стеной и исполняет те же функции вентиляции, что и традиционный малькаф (рис. 7) [6].

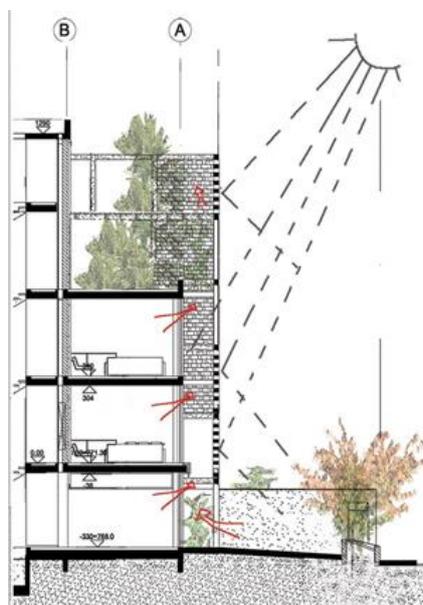


Рис. 7. Современная интерпретация малькафа в жилом доме [6]

– *Теплоизоляция оболочки здания* была повышена за счет выполненного из камня декоративной оболочки, «обнимающей» поверхность здания. Эта оболочка имеет достаточно высокую тепловую инерцию. Окна здания имеют двойное остекление [6].

### **Масдар Сити – Институт жилищного строительства в Абу-Даби**

Этот градостроительный объект находится в г. Абу-Даби, ОАЭ. Он спроектирован организацией под названием «Мубадала» и до настоящего времени еще не окончательно завершен. Площадь города составляет 6 км<sup>2</sup>. Он является примером комплекса, представляющего устойчивое развитие в архитектуре с энергоэффективными подходами к охлаждению и вентиляции зданий. Пассивный способ охлаждения осуществляется за счет использования элементов, взятых из традиционной арабской архитектуры, основными из которых являются ветровые башни и машрабии [8]. Что касается ветровой башни, ее высота составляет 45 м. Благодаря своей высоте башня может улавливать прохладный ветер сверху и под его напором опускать воздух вниз. Этот процесс создают области с разным давлением. Более легкий теплый воздух поднимается по башне вверх, а прохладный, который тяжелее, поступает вниз и распространяется по внутренним помещениям, снижая общую температуру. Также в зданиях присутствует концепция машрабии (рис. 8) [8].

– *Активная система охлаждения* осуществляется с помощью встроенных насосных станций. Станции состоят из ряда вертикально соединенных насосов со встроенными датчиками управления и интеллектуальной ячейкой управления, которая изменяет скорость работы насоса в зависимости от непосредственной потребности в охлаждении. Подобная система экономична и требует минимум энергозатрат [8].

Также в проекте присутствует конвективная система охлаждения. В помещении автостанции на потолке устроены железобетонные ребра с медными трубами, через которые поступает вода, охлажденная в грунте и понижающая температуру бетонного

перекрытия. Охлажденный около ребер воздух опускается вниз, создавая конвекцию. В итоге образуется эффективная система охлаждения помещений [8].

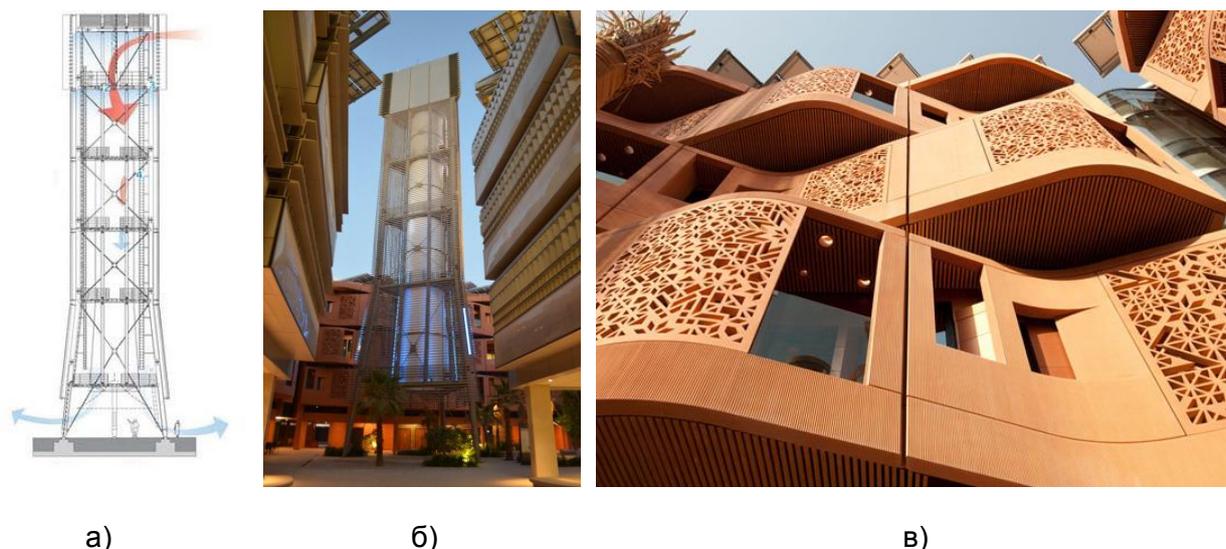


Рис. 8. Применение традиционных архитектурных климатозащитных приемов в «Масдар Сити»: а, б) интерпретация концепции малькафа; в) интерпретация концепции машрабии

### Энергоэффективный жилой дом в городе Акаба, Иордания

Проект энергоэффективного жилого дома в городе Акаба является первым экологическим проектом в Иордании. Проектированием этого дома, площадь которого составляет 420 м<sup>2</sup>, занимался архитектор Флорентин Виссерю. Строительство дома завершилось в 2008 году. В доме не применяются элементы, взятые из традиционной арабской архитектуры. Он служит еще одним примером применения энергоэффективной активной системы охлаждения, совмещенной с общепринятыми методами проектирования «пассивных» зданий, которые выражаются в следующем [9].

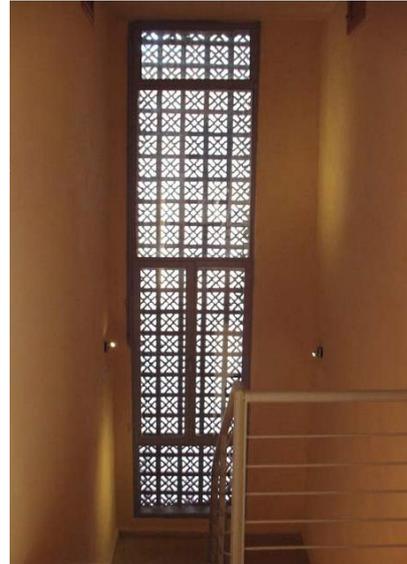
– *Элементы затенения.* В здании использованы несколько видов затенения: горизонтальные навесы, вертикальные движущиеся панели на окнах, маленькие отверстия в восточной стене лестницы, которые защищают от прямых солнечных лучей и в тоже время обеспечивают поступление воздуха. Также вокруг здания посажено достаточное количество деревьев с раскидистыми кронами, особенно рядом с западным фасадом, который наиболее подвержен нагреву от заходящего солнца. Подобные приемы минимизируют нагрев наружных стен, так как поверхность фасадов длительное время остается затененной и не нагревается от прямых солнечных лучей (рис. 9) [9].

Планировка здания является компактной, что позволяет минимизировать площадь наружных поверхностей, подверженных солнечному воздействию.

– *Пассивная вентиляция.* Можно заметить, что оконные и дверные проемы расположены друг напротив друга для создания максимально эффективного сквозного проветривания. В тех случаях, когда двери и окна закрыты для обеспечения конфиденциальности, вентиляция обеспечивается размещенными в верхней части помещений над окнами и дверями небольшими отверстиями. Лестница спроектирована таким образом, чтобы в какой-то степени выполнять функцию ветровой башни. В верхней части лестницы расположены отверстия, которые позволяют перегретому воздуху выходить из помещения. Прохладный воздух поступает через вентиляционные отверстия в нижней части лестничного проема [10].



а)



б)

Рис. 9. Жилой дом в городе Акаба (Иордания): а) элементы затенения над окнами; б) вентиляционные отверстия в стене лестницы [9]

– *Пассивное охлаждение.* В доме охлаждение производится двумя способами. Первый способ называется охлаждение испарением. Работает он благодаря емкости с водой, находящейся в земле перед входом в кухню, которая специально расположена на северном фасаде (рис. 10). Через вход проникает прохладный северный ветер, который дополнительно охлаждается благодаря воде, находящейся в емкости, перед тем как попасть внутрь дома [9].

Второй способ охлаждения основан на отдаче избыточного тепла в грунт, имеющего более низкую температуру по сравнению с воздухом. Архитекторам удалось эффективно эксплуатировать уклон рельефа, на котором находится здание. Вместо того, чтобы выравнивать поверхность земли, архитекторы решили разделить наклонную поверхность на три равных уровня в виде трех горизонтальных участков с целью установки труб в грунте. Трубы захватывают прохладный северный воздух, который далее проходит через грунт и тем самым еще больше охлаждается перед тем, как проникнуть в жилые помещения с помощью отверстий, расположенных в нижней части помещений (рис. 10в) [9].

– *Теплоизоляция стен и кровли.* При строительстве дома максимально использованы местные строительные материалы. Применены полые бетонные стены, полый слой которых заполнен минеральной ватой с песком и соломой, обеспечивающими требуемую теплоизоляцию. Окна имеют двойное остекление, такое решение снижает поступление солнечной радиации с 83% до 69% [10].

Крыша изолирована толстым теплоизоляционным слоем. На крыше размещен сад, который повышает тепловую инерцию крыши, так как грунт является эффективным теплоизолятором. Кроме того, растения дают дополнительное затенение и защиту от прямых лучей солнца. На кровле установлены солнечные панели, которые являются частью активной системы охлаждения и создают дополнительное затенение кровли [9].

– *Активная система охлаждения.* Помимо общепринятых приемов проектирования «пассивных» заданий в доме существует активная система охлаждения, которая, совместно с пассивными методами способствует повышению энергоэффективности и экологичности здания [10].

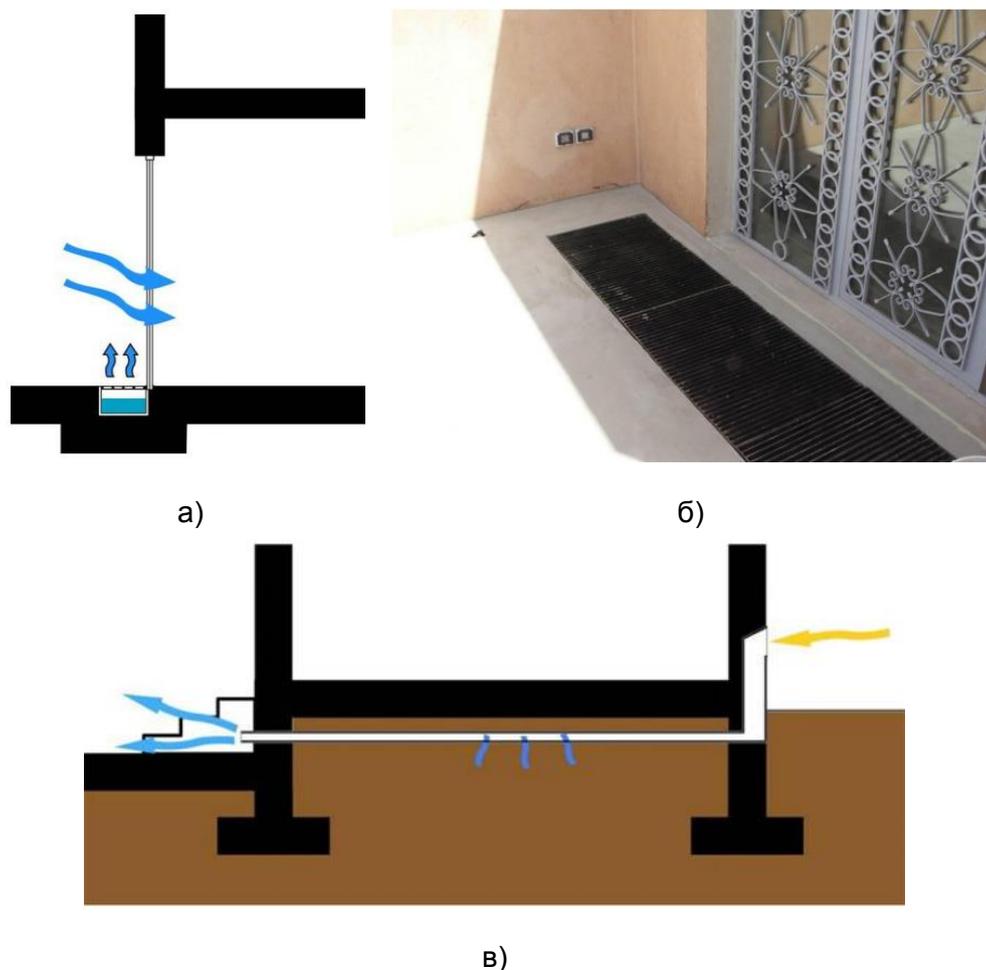


Рис. 10. Пассивное охлаждение: а, б) испарительное охлаждение с помощью емкости с водой; в) грунтовое охлаждение [9]

Для этого дома была разработана солнечная система охлаждения, которая использует горячую воду как ресурс энергии для работы абсорбционного охладителя, который, в свою очередь, производит прохладную воду для кондиционирования воздуха в помещениях. Вода нагревается в солнечных батареях, затем поступает в абсорбционный охладитель и запускает его, что позволяет производить холодную воду, поступающую в приборы охлаждения. Преимущество этой системы заключается в том, что в летнее время, когда потребность в охлаждении высокая, солнечная радиация, доступная в максимальном объеме для снабжения горячей водой, одновременно запускает и систему охлаждения [9].

### Новый студенческий центр при Американском университете в Бейруте

Новый студенческий центр имени Чарлза Хостлера (Charles Hostler) при Американском университете Бейрута в 2009 году (спустя год по завершению его строительства) был признан одним из 10 наиболее экологических зданий в рамках одного из самых престижных конкурсов на тему устойчивого строительства, проводимого в США. Эта награда является большой редкостью для стран Ближнего Востока. Проектированием студенческого центра занималась американская архитектурная фирма «VJAA». Общая площадь всего проекта составила 32488 м<sup>2</sup>. Студенческий центр размещен у подножия крутого холма с видом на Средиземное море.

Проект был реализован в послевоенный период ливанской гражданской войны. Поэтому, исходя из дефицита водных и энергетических ресурсов, был необходим подход к проектированию в рамках устойчивой архитектуры. Это определило направление проектирования здания с минимальным потреблением энергии. Для достижения этой цели архитекторы решили использовать стратегии проектирования «пассивных» домов наряду с активными методами [11]. Пассивные методы вентиляции достигаются следующими приемами.

– *Ориентация и направление*: основная идея проекта заключается в создании пяти прямолинейных объемов, между которыми образованы свободные коридоры, направленные на север в сторону моря. Такая конфигурация способствует свободному прохождению прохладного морского ветра между корпусами, особенно в ночное время (рис. 11) [11].

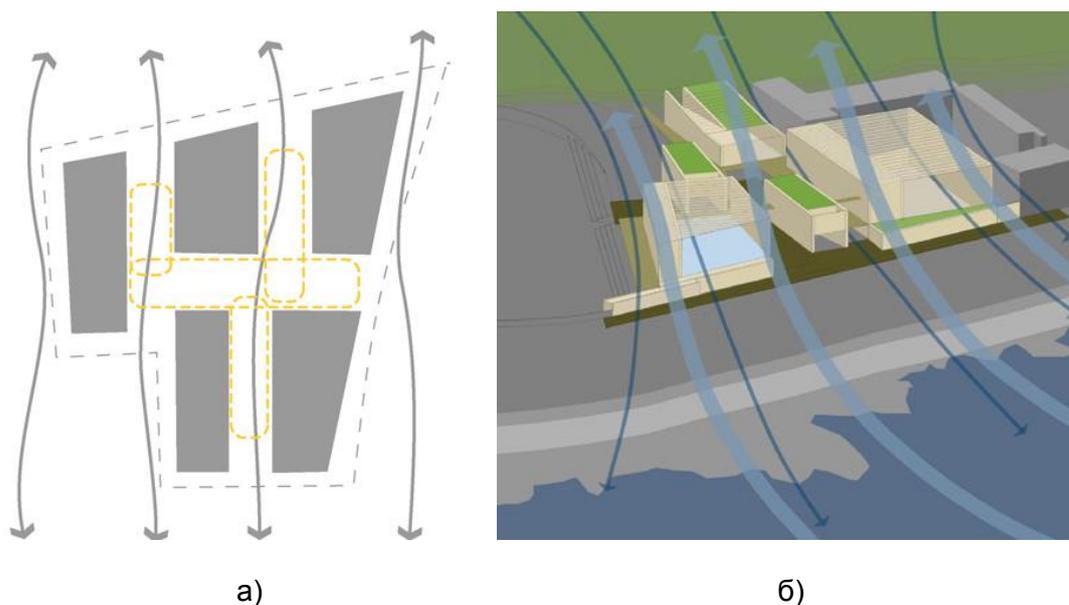


Рис. 11. Проветривание морским бризом за счет планировки: а) план; б) общий вид [12]

– *Внутренний двор*. Конфигурация плана позволила архитекторам разместить в объекте несколько внутренних атриумов и тем самым применить концепцию внутреннего двора, которая используется для затенения в традиционной арабской архитектуре. Здания затеняют друг друга, так как тень от одного здания падает на стены других и внутренние дворы. Для реализации этой идеи был проведен анализ режима затенения зданий и их внутренних дворов на высоте Бейрута. Было выявлено, что предпочтительной является прямоугольная форма здания в плане и расположение длинной оси по направлению север-юг, т.е. по меридиональной ориентации. Внутренние дворы, раскрытые на север и юг, затеняются на 40% больше в течение года [11].

– *Элементы затенения*. В проекте присутствуют вспомогательные элементы затенения из алюминия местного производства, такие как наружные жалюзи для защиты внутренних помещений от прямых солнечных лучей. Северный фасад затенен с помощью вертикальных жалюзи, в то время как южный фасад защищен горизонтальными и вертикальными жалюзи [12].

– *Пассивная вентиляция*. Благодаря расположению объекта и его ориентации в сторону моря, морской прохладный ветер обеспечивает постоянную естественную вентиляцию большинства помещений через большие проемы, устроенные на северных и южных фасадах. Для улучшения вентиляции дополнительно запроектированы световые люки на крыше бассейна и спортзала.

– *Теплоизоляция стен.* Наружные стены выполнены из двух слоёв камня и бетона, между которыми находится воздушный зазор [11].

– *Активная система охлаждения.* Западный и восточный фасад выполнены из массивной каменной кладки, смягчающей нагрев стен солнечной радиацией за счет тепловой инерции этих материалов.

Так как одной из основных задач проекта было уменьшить потребление электроэнергии, архитекторы приложили большие усилия для создания инновационной активной системы охлаждения. В здании применена высокоэффективная радиационная геотермальная система охлаждения. Она работает за счет геотермального теплового насоса, который качает морскую воду из глубины моря, где вода постоянно остается относительно холодной. Холодная вода поступает через трубы в теплообменник, который, в свою очередь, прохладу воды путем конвекции передает в помещения, охлаждая их. Для этой системы требуется минимальное количество электричества, используемого лишь для работы насоса [11].

### **Рекомендации по повышению энергоэффективности описанных объектов**

Относительно французской школы в Дамаске можно сказать, что, несмотря на то, что архитекторы учли в ней основные принципы традиционной арабской архитектуры, в проекте отсутствует весьма важный и эффективный элемент, который широко использовался арабскими зодчими – это окно-балкон «машрабия». Такое решение, кроме того, что оно значительно повысило бы устойчивость здания к избыточному перегреву солнцем, также придало бы общему облику более колоритный «восточный» облик, который гармоничнее вписывался бы в окружающий ансамбль древнего города Дамаска.

Во внутренних дворах, расположенных между классами школы, отсутствуют водные объекты благоустройства, которые всегда находились в центре дворов арабских традиционных зданий в виде маленьких фонтанов или водоемов, которые являются эффективным элементом охлаждения. Люди в жаркую сухую погоду всегда стараются находиться как можно дольше около источника воды, чтобы сохранить чувство свежести. Вода играет важную роль в увлажнении и охлаждении воздуха, использование этого приема повысило бы комфортность микроклимата внутренних дворов школы.

В проектах французской школы в Дамаске и доме машрабия в Иерусалиме применены исключительно пассивные методы охлаждения, что является их большим достоинством. Тем не менее, применение лишь пассивных методов охлаждения и вентиляции не полностью решает проблему перегрева. Поэтому целесообразно включать в архитектурные проекты активные системы охлаждения для совместной работы с пассивными, но преимущественно те, которые потребляют минимальное количество энергии и являются энергетически и экономически выгодными, как это сделано в остальных проектах, таких как «Масдар-Сити» в Абу-Даби, «студенческом центре» при Американском университете в Бейруте и «энергоэффективном жилом доме» в Акаба.

С другой стороны, в студенческом центре при Американском университете в Бейруте недостаточно применены принципы традиционной арабской архитектуры. Из них присутствует только концепция внутреннего двора. В «энергоэффективном жилом доме» в Акаба полностью отсутствуют эти принципы и используются лишь общепринятые методы пассивного проектирования, которые можно найти в любом регионе с похожими климатическими условиями. В этом проекте полностью пренебрегли принципами традиционной архитектуры, которые могли бы использоваться намного шире.

### **Выводы**

Несмотря на то, что на Ближнем Востоке имеется богатое архитектурное наследие, оставленное древними зодчими, методы которого успешно работают в условиях местного

климата, большинство современных архитекторов пренебрегают традиционными подходами при проектировании зданий. Эти методы могли бы способствовать повышению энергоэффективности зданий и уменьшению энергозатрат при их эксплуатации. В настоящее время практически нет зданий или проектов, в которых применяются все основные принципы традиционной арабской архитектуры (внутренний двор, ветровая башня «малькаф» и окно-балкон «машрабия» и др.).

Также очевидно отсутствие примера, в котором использовались бы все вышеизложенные методы и приемы, повышающие энергоэффективность застройки, которые включают в себя основные принципы традиционной арабской архитектуры, общепринятые методы проектирования «пассивных» домов совместно с технологиями возобновляемых источников энергии, в том числе фотоэлектрических элементов на фасадах и крышах зданий [13], а так же экономически и энергетически выгодные активные системы охлаждения. Таким образом, отсутствуют здания, которые выполняют требования энергоэффективности на все 100%.

Следование приведенным выше рекомендациям по более широкому применению как традиционных, так и современных малозатратных архитектурных методов создания комфортных условий пребывания людей в зданиях при проектировании и строительстве в странах Ближнего Востока и других регионах, характеризующихся преобладанием жаркой сухой погоды большую часть года, будет способствовать применению и распространению понимания основных принципов проектирования энергоэффективных зданий для этих регионов. Это поможет значительно уменьшить использование дорогостоящих активных систем охлаждения, например – дорогостоящего кондиционирования, приведет к снижению энергопотребления, и, что также очень важно для архитектуры, обеспечит возможность возрождения архитектурных традиций и их интерпретации в современных технологиях строительства, их полноценному участию в формировании архитектурной среды.

### Источники иллюстраций

Рис. 1 а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.syriaphotoquide.com/home/author/daniieldemeter/>

Рис. 1б- в. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.atelierslion.com/projets/ecole-francaise-charles-de-gaulle/>

Рис. 2а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoedility.it/e3news/?p=318>

Рис. 2б, Рис. 5, Рис. 8а-в. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/>

Рис. 3а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://archnet.org/sites/6867/media\\_contents/76932](https://archnet.org/sites/6867/media_contents/76932)

### Литература

1. Дуничкин И.В. Ветровой режим аравийского полуострова как фактор локального регионализма архитектуры Йеменской республики / И.В. Дуничкин, А.Э. Тоторкулов, Д.А. Жуков // Промышленное и гражданское строительство. - 2014. - № 9. - С. 15-18.
2. Karim Elgendy. A Damascus school revives traditional cooling techniques // Carbound journal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.carbound.com/sustainable-design/a-damascus-school-revives-traditional-cooling-techniques/>
3. Abdel-moniem El-Shorbagy. Traditional Islamic-Arab House: Vocabulary And Syntax [Традиционный исламско-арабский дом: словарь и синтаксиса] / Abdel-moniem El-Shorbagy// International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS, 2010. - Vol. 10. - № 04. - С. 15-20.
4. Mahmoud Ahmed Eissa. Ecological aspects of the courtyard house as a passive cooling system. Conference: International Seminar: the Mediterranean medina, Pescara,

Francavilla, Museo Michetti, Italy, June 17-19, 2004. - Pescara: Facoltà di Architettura, 2004. - С. 1-12.

5. A. A'zami Badgir in traditional Iranian architecture // "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment : тезисы докл. International Conference. - Греция, Санторини, май, 2005. - С.1021-1026.
6. Mashrabiya House [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com/175582/the-mashrabiya-house-senan-abdelqader>
7. Забалуева Т.Р. Традиционное арабское жилище и современное жилищное строительство в Сирии / Т.Р. Забалуева, Р. Юсфи // Промышленное и гражданское строительство. - 2016. - № 3. - С. 10-14.
8. Exploring Masdar City [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44-old/Masdar\\_City.pdf](https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44-old/Masdar_City.pdf)
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://csbe.org/assets/e-publications/AREE-Specification-final-versionTE.pdf>
10. Karim Elgendy. The First Low Energy House in Jordan // Carboun journal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.carboun.com/sustainable-design/the-first-low-energy-house-in-jordan/>
11. Karim Elgendy. The American University in Beirut Combines Innovation and Traditional design // Carboun journal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.carboun.com/sustainable-design/the-american-university-in-beirut-combines-innovation-and-traditional-design/>
12. Charles Hostler Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com/36324/charles-hostler-center-vjaa>
13. Дуничкин И.В., Ковалева А.С. Энергоэффективность в гражданском строительстве при использовании фотоэлектрических элементов / И.В. Дуничкин, А.С. Ковалева // Научное обозрение. - 2016. - № 15. - С. 91-94.

## References

1. Dunichkin I.V., Totorkulov A.E., Zhukov D.A. *Vetrovoj rezhim aravijskogo poluostrova kak faktor lokal'nogo regionalizma arhitektury Jemenskoj respubliki. Promyshlennoe i grazhdanskoye stroitel'stvo* [Wind regime of the Arabian Peninsula as a factor of local regionalism of the architecture of the Republic of Yemen. Magazine «Industrial and Civil Engineering»]. 2014, no. 9, pp. 15-18.
2. Karim Elgendy. A Damascus school revives traditional cooling techniques. Carboun journal. Available at: <http://www.carboun.com/sustainable-design/a-damascus-school-revives-traditional-cooling-techniques/>
3. Abdel-moniem El-Shorbagy. Traditional Islamic-Arab House: Vocabulary And Syntax. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS, 2010, Vol. 10, no. 04, pp. 15-20.
4. Mahmoud Ahmed Eissa. Ecological aspects of the courtyard house as a passive cooling system. Conference: International Seminar: the Mediterranean medina, Pescara, Francavilla, Museo Michetti, Italy, June 17-19, 2004. Pescara: Facoltà di Architettura, 2004, pp. 1-12.

5. A. A'zami. Badgir in traditional Iranian architecture. International conference "Passive and low energy cooling for the built environment. May 2005, Santorini, Greece, pp. 1021-1026.
6. Mashrabiya House. Available at: <http://www.archdaily.com/175582/the-mashrabiya-house-senan-abdelqader>
7. Zabaluyeva T. R., Yousfi R. Arabic traditional housing and modern residential construction in Syria. Promyshlennoe i grazhdanskoye stroitell'stvo [Magazine «Industrial and Civil Engineering»]. 2016, no. 3, pp. 10-14.
8. Exploring Masdar City. Available at: [https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44-old/Masdar\\_City.pdf](https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44-old/Masdar_City.pdf)
9. Available at: <http://csbe.org/assets/e-publications/AREE-Specification-final-versionTE.pdf>
10. Karim Elgendy. The First Low Energy House in Jordan. Carbound journal. Available at: <http://www.carbound.com/sustainable-design/the-first-low-energy-house-in-jordan/>
11. Karim Elgendy. The American University in Beirut Combines Innovation and Traditional design. Carbound journal. Available at: <http://www.carbound.com/sustainable-design/the-american-university-in-beirut-combines-innovation-and-traditional-design/>
12. Charles Hostler Center. Available at: <http://www.archdaily.com/36324/charles-hostler-center-vjaa>
13. Dunichkin I.V., Kovaleva A.S. *Jenergojeffektivnost' v grazhdanskom stroitel'stve pri ispol'zovanii fotoelektricheskikh jelementov. Nauchnoe obozrenie* [Energy Efficiency in Civil Engineering Using Photovoltaic Cells. Magazine «Scientific Review»]. 2016, no. 15, pp. 91-94.

## ОБ АВТОРАХ

### **Юсфи Римма Ахмадовна**

Аспирант, кафедра «Архитектура и градостроительство», ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия  
e-mail: [secret-rai89@list.ru](mailto:secret-rai89@list.ru)

### **Забалуева Татьяна Рустиковна**

Доцент кафедры «Архитектура и градостроительство», ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия  
e-mail: [trzabalueva@yandex.ru](mailto:trzabalueva@yandex.ru)

## ABOUT AUTHORS

### **Yousfi Rimma**

Postgraduate Student of the Department «Architecture and Urban Planning», Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia  
e-mail: [secret-rai89@list.ru](mailto:secret-rai89@list.ru)

### **Zabalueva Tatiana**

Docent of the Department «Architecture and Urban Planning», Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia  
e-mail: [trzabalueva@yandex.ru](mailto:trzabalueva@yandex.ru)