

Урбанистика и городские системы <https://ugsjournal.ru>

Urban Studies and Urban Systems

2024, Том 1, № 1 / 2024, Vol. 1, Iss. 1 <https://ugsjournal.ru/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://ugsjournal.ru/PDF/02SAUG124.pdf>

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Альхури, Д. Анализ архитектурных элементов проектирования прибрежных жилых зданий в условиях климатических вызовов / Д. Альхури // Урбанистика и городские системы. — 2024. — Т. 1. — № 1. — URL: <https://ugsjournal.ru/PDF/02SAUG124.pdf>. DOI: 10.15862/02SAUG124.

For citation:

Alkhoury D. Analysis of architectural elements of the design of coastal residential buildings in the face of climate challenges. *Urban Studies and Urban Systems*. 2024;1(1): 02SAUG124. Available at: <https://ugsjournal.ru/PDF/02SAUG124.pdf>. DOI: 10.15862/02SAUG124. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 728

Альхури Диала

ФГАОУ ВО "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы", Москва, Россия

Аспирант

E-mail: 1042235018@pfur.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9760-7395>

Анализ архитектурных элементов проектирования прибрежных жилых зданий в условиях климатических вызовов

Аннотация. Работа посвящена сопоставительному анализу архитектурных решений, применяемых в прибрежном жилищном строительстве Средиземноморья, с акцентом на устойчивость к перегреву, высокой влажности и воздействию морских ветров. Мы рассматриваем, как традиционные практики — массивные каменные ограждающие конструкции, саманные блоки, затенённые лоджии, наружные ставни и резные решётчатые экраны — формировали устойчивые модели жилого пространства, и как эти наработки переводятся в современный язык проектирования через развитые оболочки зданий, зелёные кровли, интегрированные системы затенения и смешанные режимы вентиляции. Методологически статья опирается на критическое чтение рецензируемых исследований о естественной вентиляции и солнечной защите в средиземноморском климате, на публикации о типологических особенностях города и дома, а также на сравнение реализованных жилых проектов в Барселоне, Бейруте и Марселе. Показано, что ориентация по отношению к бризовым потокам, продуманная глубина балконов и лоджий, применение наружных подвижных экранов и двойных фасадов, а также сочетание тепловой инерционности с современной теплоизоляцией и ночным проветриванием уменьшают потребность в механическом охлаждении и повышают стабильность теплового режима при волнениях жары. Дополнительный вклад в устойчивость дают зелёные крыши и интегрированные солнечные панели, если они спроектированы как элементы климатической оболочки и работают совместно с естественной вентиляцией. На фоне городской тепловой островности и роста частоты тропических ночей в Южной Европе устойчивые архитектурные приёмы становятся не опцией, а необходимостью. Практическая ценность статьи — в артикуляции набора архитектурных решений, проверенных как в исторической практике, так и в современных исследованиях, которые могут быть имплементированы в жилищной архитектуре прибрежных городов для повышения теплового

комфорта и снижения энергопотребления. Ключевые эмпирические тезисы опираются на исследования бризовой вентиляции, эффективности затенения и зелёных кровель в средиземноморских условиях.

Ключевые слова: прибрежное жилищное строительство; средиземноморский климат; естественная вентиляция; бриз; наружное затенение; ставни; мушарабия; зелёные крыши; тепловая инерция; смешанная вентиляция; городской тепловой остров

Введение

За последнее десятилетие средиземноморские города переживают ускоряющееся потепление и учащение экстремальных температурных эпизодов. Ряд исследований фиксирует, что средиземноморский регион нагревается быстрее глобального среднего, что усиливает длительность и интенсивность волн, жары и сдвигает ночные температуры в сторону устойчивых «тропических ночей». Эта тенденция особенно заметна в прибрежных городах, где прогретая морская поверхность поддерживает повышенный фон влажности и препятствует ночному выхолаживанию. Архитектор, работающий в таком климате, сталкивается с двойным вызовом; с одной стороны, необходимо отсечь воздействие прямой радиации и сдерживать тепловые притоки через ограждающие конструкции; с другой — использовать бризовую циркуляцию и перепады давления между морским и городским фронтами, для естественного воздухообмена, не блокируя его чрезмерно герметичными оболочками. В литературе, устойчиво отмечается рост ночного перегрева на побережье Франции и связанных с ним рисков для здоровья, а также общая картина учащающихся «тропических ночей». Для Барселоны и других испанских городов, отдельно анализируется энергетическое влияние "городского острова тепла", для формирования предложения по охлаждению среды полиса. Эти факты задают жёсткий контекст для проектирования, где архитектурная оболочка и планировочные решения должны работать, как система климатической регуляции.

В этой статье мы собираем и сопоставляем проверенные временем архитектурные элементы и современные технологические разработки, обсуждая, как традиция и инновация совместно повышают устойчивость прибрежного жилища. Мы намеренно удерживаемся от универсальных рецептов, поскольку поведение ветра, влажности и радиации, в конкретном городском фрагменте, всегда локально. Вместо этого, мы проверяем, какие приемы надежно демонстрируют результат в условиях средиземноморского климата и, как они работают на примере жилых домов Барселоны, Бейрута и Марселя, где рельеф, морские бризы и урбанистическая ткань — формируют разные ограничения и возможности. Для каждого города рассматриваются конкретные проекты и типологические черты, а выводы соотносятся с данными исследований по естественной вентиляции, солнечному контролю и зелёным кровлям.

Анализ традиционных архитектурных характеристик жилых зданий

Средиземноморская архитектура долгое время опиралась на массивные ограждающие конструкции. Каменная кладка и земляные материалы не случайны. Их тепловая инерция сглаживает суточные колебания температуры, снижая амплитуду и оттягивая пик тепла к ночи, когда при открытых проёмах избыточное тепло может быть сброшено. Экспериментальные и обзорные работы подтверждают, что высокомассивные ограждения, при грамотной изоляции и ночном проветривании устойчиво повышают долю «часов комфорта» в жарком лете, особенно в перекрытиях [1].

Это не романтический взгляд в прошлое, а вполне инженерная логика, описанная в контексте средиземноморского климата для массивных стен и традиционных домов. Дополнительное преимущество выявляется у полостей и воздушных прослоек в кровлях, которые снижают теплофизическую нагрузку на перекрытия в часы максимальной инсоляции.

Однако одних материалов мало. Исторически пространственная организация дома работала вместе с ограждающими конструкциями. Центральные дворы, полутеневые переходные пространства, глубокие галереи и лоджии создавали протяжённые зоны тепло-аэродинамической буферизации. В типичной для восточного Средиземноморья традиции — от Кипра до Леванта — полупространства явно способствуют формированию естественной тяги и разрыву прямого солнечного облучения, что подтверждается полевыми измерениями и сравнительными исследованиями. Эти элементы не столько «декор», сколько настройка взаимодействия дома с ветром и солнцем, особенно при частых бризовых режимах, когда направление ветра в дневные часы стабильно определяется градиентом «море–суша».

Понятие «буржуазного» дома конца XIX — начала XX века означает не только тройную аркаду и красночерепичную вальмовую кровлю. Ключевую роль играют высокие помещения центрального зала и наборы деревянных ставен, позволяющих дозировать поток света и воздуха, защищая от слепящего солнца и солёной взвеси. Недавние исследования комфорта в таких домах фиксируют, что эксплуатация ставней и сквозного проветривания формирует устойчивую зону приемлемых состояний без активного охлаждения значительную часть тёплого сезона. В более широком историко-типологическом исследовании для Бейрута уточняется, что развитие центрально-зального типа, с тройной аркадой и ставнями стало ответом на климат и морской бриз, который в жаркие месяцы заметно влияет на микроклимат улиц и интерьеров.

Для Марселя архитектурная «выучка» неизменно улавливает поведение *mistral* — сильного сухого северо-западного ветра, повторяющегося в разные сезоны. Он требует иного подхода к проёмам и ограждениям с ветроустойчивыми ставнями, защищёнными дворами и пропорциями лоджий, которые сдерживают порывистость и одновременно допускают освещение и проветривание в дни слабых бризов. Сама локальная роза ветров и синоптика *mistral*, хорошо исследованы и подтверждают, что этот фактор влияет на архитектуру не меньше, чем летняя жара.

Наконец, западное Средиземноморье в лице Барселоны предложило городскую «надстройку» над климатом через сетку Церда. Первоначальная идея широких проспектов и прореженных кварталов с разрезанными углами оправдывала себя не только санитарно, но и климатически: ориентация и высотно-объёмные параметры кварталов призваны улавливать морские бризы летом, а зимой ограничивать глубинное продувание северо-западным ветром. Исторические и городоклиматические реконструкции указывают на эту связь прямо, и здесь важно видеть взаимодополнение: архитектура дома укладывается в более крупный климатический «инструмент» городской сетки [2].

Стратегии климатической адаптации в дизайне

Когда обсуждают «естественную вентиляцию», легко скатиться к общим словам. В прибрежных средиземноморских городах этот термин имеет вполне конкретный смысл, связанный с бризовой циркуляцией. Исследования для прибрежных зон демонстрируют, что при наличии системы перекрёстного проветривания и правильных аэродинамических сопротивлений в проёмах можно повышать воздухообмен в дневные часы, используя морской бриз как «бесплатный» привод. Подчёркивается зависимость эффективности от ориентации и размеров отверстий, от глубины помещения и от городского окружения, которое может, как

усиливать, так и гасить локальные ветровые скорости. Эта чувствительность требует проектной дисциплины. Архитектору важно не только «давать окна навстречу морю», но и выстраивать помещения в последовательности, позволяющей ветру проходить и вытеснять нагретый воздух.

Внешнее затенение — второй краеугольный камень. Работы по испанским и средиземноморским кейсам показывают, что именно наружные регулируемые системы — ставни, жалюзи, маркизы, брис-солиль — радикально снижают тепловые притоки через остекление. Итоги сравнительных исследований единообразны: внутренние шторы улучшают визуальную среду, но тепловой эффект у них умеренный, тогда как внешние подвижные устройства способны сокращать потребность в охлаждении на доли вплоть до многократной разницы относительно незатенённого сценария. В испанском контексте «испанский балкон», как составная система пергол, ставен и проёмов работает, как адаптивная оболочка, позволяющая пользователю тонко регулировать свет и воздух в течение дня [3]. На уровне продукта традиция «persiana mallorquina» и её современные эволюции, демонстрируют живучесть низкотехнологичного решения, которое легко поддерживается жильцами и практически не требует энергии.

В восточном Средиземноморье, роль фильтра света и ветра традиционно исполняла мушарабия. Первоначально деревянная, сегодня она превращается в высокотехнологичный внешний экран с автоматическим управлением, способный служить и солнцезащитой, и регулятором дневного света. Серия исследований и практик переводит этот типологический элемент из сугубо «культурного» в функциональный, где решётчатые поверхности адаптируются к спектру и высоте солнца, снижая перегрев и блики, без утраты естественного освещения. В прибрежных городах, где солёный воздух и влажность существенно влияют на долговечность, такие экраны требуют инженерной проработки материалов, но принцип климатической фильтрации остаётся тем же.

Чтобы затенение и вентиляция работали не врозь, глубина и пропорции балконов и лоджий учитываются, как параметры тепловой и аэродинамической настройки. В новых жилых проектах Марселя лоджии трактуются, как климатические приборы квартиры: они смягчают ветровую нагрузку, дают глубокую тень и делают возможной контролируемую инсоляцию, в том числе зимой, когда солнце низкое. Для Барселоны, мы видим схожие по смыслу решения, где двусторонние квартиры и внутренние дворы позволяют формировать сквозной поток воздуха, а консольные балконы экранируют остекление. В Бейруте исторические ставни и высокие проёмы центрального зала играют аналогичную роль, и современные интерпретации — от перфорированных экранов до двойных фасадов — наследуют эту логику.

Современные архитектурные разработки и их влияние на климатическую адаптацию

Теплоизоляция в жарком климате — тема с нюансами. Изоляция снижает пик дневного притока, но может удерживать накопленное тепло до ночи, если отсутствует ночное проветривание. На средиземноморских кейсах показано, что сочетание высокого уровня теплоизоляции с разумным ночным проветриванием увеличивает продолжительность комфортных состояний даже в периоды волн жары. Это согласуется с экспериментами на массивных стенах: инерция плюс изоляция работают как аккумулятор, который помогает зданию пережить дневной пик при условии, что ночью этому аккумулятору «дают разрядиться». Смешанные режимы вентиляции — комбинация естественной и механической — предлагают технологический каркас для такой стратегии. Исследования для Ближнего Востока и Южной Европы, фиксируют устойчивые энергетические выигрыши при грамотной автоматике открывания и алгоритмах переключения между режимами, особенно в прибрежных городах, где бризовые окна комфорта расширяются.

Зелёные кровли в средиземноморском климате — не просто озеленение ради эстетики. Систематические обзоры и прикладные исследования показывают, что субстрат и растительный покров снижают температуру наружной поверхности, уменьшают тепловой поток внутрь и в результате сокращают спрос на охлаждение летом. В отдельных моделях, для средиземноморских городов, оптимальной оказывалась даже «неизолированная» зелёная кровля, если рассматривать её, как климатическую прослойку, разрывающую путь тепловых потоков. Её потенциал усиливается, когда кровля проектируется, как доступное общедомовое пространство, где растительный покров и испарительное охлаждение улучшают микроклимат над перекрытиями и одновременно снижают эффект ночного «теплового острова» на уровне кровель [4].

Интеграция фотоэлектрических модулей в системы затенения — ещё один зрелый подход для побережья. Брис-солиль, маркизы и горизонтальные ламели становятся носителями PV-панелей, превращая солнцезащиту в «активную» часть энергосистемы дома. На средиземноморских примерах, такие решения одновременно уменьшают солнечные притоки и генерируют электроэнергию, а их эффективность подтверждена расчётами и пилотными проектами. Здесь важно не увлечься только генерацией: приоритет — корректная геометрия затенения и устойчивость к прибрежному ветру и воздуху, а уже затем — интеграция модулей.

Городская тепловая островность — фон, который нельзя игнорировать. Для Барселоны многочисленные исследования оценивают среднюю интенсивность городского перегрева и его вклад в рост спроса на охлаждение. Для Марселя городские обследования и климатические программы адаптации фиксируют уязвимости центра: нехватку зелени, перегрев мощений, дискомфортные общественные пространства. Вкупе с «тропическими ночами», становящимися всё более частыми на юге Франции, это подталкивает жилые проекты к локальным стратегиям смягчения: от климатических дворики до протяжённых теневых береговых променада.

Роль архитектурных адаптаций в укреплении устойчивости и жилого комфорта

Энергетический эффект правильного затенения и вентиляции фиксируется в широком спектре исследований. Стабильные результаты демонстрируют наружные подвижные системы затенения, которые снижают охлаждающую нагрузку сильнее, чем любые внутренние экраны. В отдельных сценариях речь идёт о сокращении потребности в охлаждении на значительные доли, а в комбинации с ночным проветриванием и инерционными ограждениями — о сдвиге температурных профилей помещений в область адаптивного комфорта, даже при наружных значениях выше климатической нормы [5].

Это отражается и на качестве воздуха: смешанные режимы вентиляции позволяют втягивать морской воздух в «окна» благоприятных параметров, поддерживая концентрации CO₂ и влажности на приемлемом уровне без постоянной работы кондиционеров.

Зелёные кровли и вертикальное озеленение усиливают эффект на уровне дома и квартала. Для средиземноморского региона, отмечено устойчивое снижение тепловых притоков через крышу и умеренное снижение площадных температур поверхностей в тёплое время года, что, в свою очередь, уменьшает аккумулирование тепла городскими материалами и смягчает ночной перегрев. Энергетический выигрыш особенно заметен при высотной застройке с большой экспозицией кровель и верхних этажей солнцу. На уровне пользователя, эти решения повышают психологическую комфортность жилья, предлагая «вторую тень» и дополнительное открытое пространство, доступное в утренние и вечерние часы.

Важно также понимать, что «устойчивость» жилья — не только про холодный баланс ватт. Речь о способности дома переживать тепловые экстремумы без потери функциональности и без резкой зависимости от электросети. В прибрежных городах Южной Европы ночь, с

температурой выше двадцати градусов, перестаёт быть исключением и именно архитектурные средства — глубина лоджий, внешние ставни, возможность сквозного проветривания — удерживают жильё в рабочем состоянии. Исследования здравоохранения для средиземноморских агломераций прямо связывают рост ночных температур с рисками для чувствительных групп, поэтому «архитектура тени и ветра» становится частью общественного здоровья.

Сравнение жилых зданий в прибрежных городах Средиземноморья

Жилые здания на средиземноморском побережье сталкиваются с растущими вызовами из-за изменения климата: всё более сильная летняя жара, не прохладные ночи, высокая морская влажность, затрудняющая естественное охлаждение тела, а также штормовые ветры, создающие дополнительную нагрузку в некоторых районах. Ответ архитектуры на эти вызовы заключается в простых и гибких решениях.

Для пассивной адаптации к климату в средиземноморской архитектуре применяется комплекс проверенных стратегий: глубина балконов, наружные подвижные экраны, двойные фасады, ночное проветривание массивных ограждений и озеленённые крыши. Эти элементы образуют целостную систему, где ключевую роль играет их взаимосвязанная работа, а не отдельное применение. Подход имеет надёжное научное обоснование, позволяет достигать высоких показателей энергоэффективности без усложнения эксплуатации и может быть адаптирован к местным условиям — ветрам, городской среде и привычкам жителей, как в новом строительстве, так и при реновации [6].

Барселона давно демонстрирует, как городская структура усиливает индивидуальный дом. В исторической сетке Церда, квартальные дворы и диагональные срезы фасадов формируют коридоры для дневных бризов, а типология «двусторонней» квартиры с окнами на улицу и во внутренний двор даёт устойчивую сквозную вентиляцию. Преобразование существующих зданий под современные нормы часто опирается на эту логику: формирование новых внутренних дворов, ориентация дневных комнат к фасаду с возможностью затенения, а частных — к тихому двору для ночного проветривания. Реализованные проекты переустройства показывают, как усиление сквозной вентиляции поддерживает отказ от постоянного кондиционирования. В типологической культуре города, глубина балкона — важный параметр. Испанские балконы с системой наружных ставен и пергол позволяют жильцам изо дня в день адаптировать оболочку под меняющийся климат дня, что подтверждается исследованиями адаптивной оболочки и практиками современного производства «persiana», как актуальной климатической детали [7]. В итоге архитектурный характер Барселоны — регулярные фасады с сильной горизонталью балконных поясов — одновременно климатически приспособлено и формируют доминанту (рис. 1; 2).

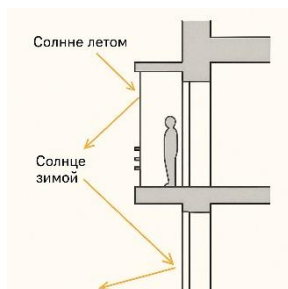


Рисунок 1. балкона с
солнечными экранами.
Рисунок исследователя

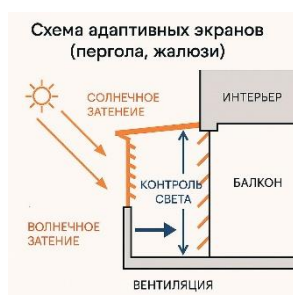


Рисунок 2. адаптивных
элементов фасада.
Рисунок автора

На разрезе показана работа балкона с солнечными экранами. Летом горизонтальные элементы и пергола создают глубокую тень, защищая интерьер от перегрева. Зимой низкое солнце проникает внутрь, обеспечивая естественный обогрев. Такой баланс позволяет использовать простые геометрические средства для регулирования климата. Пример отражает практику адаптивных фасадов в Барселоне.

Диаграмма демонстрирует работу адаптивных элементов фасада - перголы и наружных жалюзи. Они позволяют контролировать свет и создавать зону полутени. Жалюзи обеспечивают вентиляцию и защиту от перегрева в жаркие часы. Жители могут изменять положение экранов в течение дня. Это подтверждает исследования по адаптивным оболочкам зданий в Барселоне.

Бейрут предлагает иной ритм. Здесь традиционный центральный зал с тройной аркадой, высокими проёмами и деревянными ставнями исторически служил не только представительности, но и летнему комфорту. Исследования фиксируют, что при корректной эксплуатации ставней и проветривания, такие дома значительную часть тёплого сезона поддерживают приемлемые условия без активного охлаждения, уступая лишь в самые влажные и жаркие ночи. Современные интерпретации — от экранов-мушарабий до двойных фасадов, возвращают идею климатического фильтра в новых домах, достигая баланса света, приватности и воздушного обмена при высокой влажности и солёном воздухе. Город, в целом, зависит от морского бриза, и урбанистические исследования напоминают, что новые высотные поля и уплотнения, могут и ослаблять ветровые окна, и усиливать их при разумной «продувке» улиц, поэтому климатические коридоры требуют такого же внимания, как и фасады. Преимущество архитектурного характера Бейрута — высокая «воздухоёмкость» исторического дома, его способность впитывать ветер и дозировать солнце, — находит прямой перевод в современные решения с увеличенной инерцией и подвижным затенением.



Рисунок 3. Деревянные жалюзи и машрабия
Рисунок исследователя

- Деревянные жалюзи: позволяют контролировать поступление света и воздуха, постепенно закрывая или открывая их в зависимости от интенсивности солнечного света и желаемого уединения.

- Машрабия: она работает как климатический фильтр, так как пропускает воздух, снижая его интенсивность, и обеспечивает тень и защиту от прямых солнечных лучей, сохраняя при этом конфиденциальность (рис. 3).

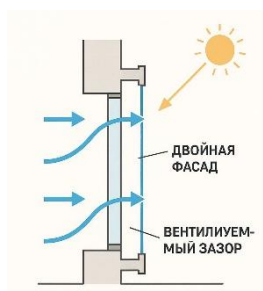


Рисунок 4. Двойная фасад
Рисунок автора

Этот принцип был архитектурно переосмыслен в современных фасадах с помощью перфорированных экранов и двойных фасадов, которые выполняют ту же роль в современном стиле (рис. 4)

Марсель — ситуация, где морской бриз, летняя жара и порывистый мистраль сосуществуют. Новые жилые проекты в районе Европейско-Средиземноморский активно работают с лоджией, как климатическим прибором квартиры. Каждая единица жилья получает глубокую полутеневую зону, где можно открывать окна без риска сквозняка при порывистом ветре и, в то же время использовать бриз для проветривания в спокойные дни. Архитектура «La Porte Bleue» демонстрирует, как повтор арочных проёмов создаёт ощущение ритма и визуально, и климатически. В другом жилом ансамбле лоджии и фасад вместе превращают каждую квартиру в «переговорщика» с климатом: форму, глубину и проницаемость подбирают так, чтобы смягчать мастер-ветер и давать доступ солнцу зимой. Исторический опыт Марселя дополняет этот набор: корбюзьевская «Unité d'Habitation», со своими солнцезащитными лоджиями, показывает ранний модернистский ответ на солнце и ветер, где открытое пространство квартиры одновременно расширяет быт и фильтрует радиацию. Преимущество архитектурного характера здесь — выразительная работа с инсоляцией и ветром через простые геометрические средства и глубокие тени, а дизайнерское решение для адаптации — лоджии как универсальный климатический интерфейс [8].

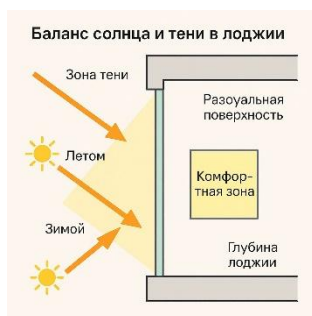


Рисунок. 5. Глубина лоджии
Рисунок автора

Эта диаграмма демонстрирует, как глубина лоджии формирует зоны тени и освещённые участки. Летом солнечные лучи останавливаются у края, создавая прохладную зону внутри. Зимой низкое солнце проникает глубже и обогревает помещение. Таким образом, одна и та же геометрия работает, как сезонный регулятор. Простое решение обеспечивает комфорт без сложных технологий (рис. 5).

Сопоставление трёх городов вскрывает одну закономерность. Там, где архитектурный образ опирается на глубокие балконы и лоджии, наружные подвижные экраны и, по возможности, сквозную проветриваемость квартир, жильё дольше удерживается в зоне адаптивного комфорта. Разница состоит в нюансах ветра и влажности: Барселона опирается на стабильный летний бриз и развитую городскую сетку, Бейрут учитывает влажное тепло и высокую солёность воздуха, Марсель балансирует между бризом и порывистым северо-западным ветром. При этом для всех трёх контекстов наружные затеняющие системы оказываются более результативными, чем внутренние, а зелёные кровли и вертикальные озеленения улучшают, как тепловые, так и городские параметры, если их сопрягать с вентиляцией.

Таким образом, ключевую роль в обеспечении термического комфорта в прибрежных жилых зданиях Средиземноморья играет именно архитектурное проектирование, а не только инженерные системы. Это становится критически важным в условиях нестабильного энергоснабжения или недоступности кондиционирования. По своей сути, устойчивое жильё в этом регионе — это здание, адаптированное к климату: эффективно проветриваемое, защищённое от перегрева и способное к ночному охлаждению [9].

Результаты

Комплексное объединение традиционных и современных архитектурных приёмов показывает наибольшую эффективность, когда проект учитывает локальные особенности прибрежной аэродинамики и интегрирует их в планировку квартир, подъездов и кварталов. В городах Средиземноморья ключевым природным ресурсом является бризовая циркуляция, обеспечивающая эффективное перекрёстное проветривание. Проёмы, сквозные квартиры и проницаемые лестничные клетки формируют единую вентиляционную траекторию, эффективность которой зависит от последовательности помещений, параметров отверстий и окружающей застройки.

Ночная стратегия вентиляции играет не менее важную роль. Тепловая инерция конструкций даёт эффект только при наличии организованного отвода накопленного тепла. Внутренние дворы, вторые фасады и планировочные глубины обеспечивают ночной теплообмен. Комбинация высокой тепловой инерции, достаточного утепления и правильно организованной ночной вентиляции обеспечивает устойчивый микроклимат внутри помещений [10].

Регулируемые внешние солнцезащитные устройства — важный компонент климатической оболочки. Они снижают солнечные притоки и одновременно обеспечивают

равномерное естественное освещение. В условиях тёплого климата Средиземноморья внешние системы затенения (жалюзи, маркизы) превосходят внутренние экраны как по эффективности охлаждения, так и по качеству световой среды. Их параметры определяются, не только архитектурными, но и аэродинамическими требованиями побережья.

Зелёные кровли и вертикальное озеленение действуют, как климатические буферы. Они снижают температуру наружной поверхности, уменьшают тепловой поток в перекрытия и, как следствие, сокращают потребность в кондиционировании. Важно учитывать дренаж, вентиляцию кровельного пирога и подбор растений — при ошибках можно получить перегрев и избыточную влажность вместо охлаждения.

Интеграция фотоэлектрических систем (BIPV) в фасады и солнцезащиту возможна при соблюдении строительной логики. Такие элементы могут одновременно снижать солнечные притоки и вырабатывать электроэнергию, но требуют точной настройки по углам, шагу ламелей и устойчивости к ветровым и морским воздействиям [11].

Явление городского теплового острова (UHI) усиливает нагрузку на жилые здания, особенно в условиях т.н. «тропических ночей». В таких условиях устойчивость квартир обеспечивается не только внутренними мерами, но и внешней поддержкой — теневой сетью, климатическими коридорами и материалами с пониженным накоплением тепла. В Марселе, например, лоджии используются, как буферы от ветра и солнца, при этом сохраняя визуальный контакт с улицей.

Сравнение Барселоны, Бейрута и Марселя показывает, что несмотря на локальные особенности, все три города применяют единую климатическую логику: в Барселоне — сквозные квартиры и внешнее затенение, в Бейруте — высокие проёмы и деревянные ставни, в Марселе — лоджии как климатические интерфейсы. Во всех случаях внешние подвижные экраны и зелёные кровли повышают устойчивость жилья в тёплый сезон.

Смешанные режимы вентиляции, сочетающие естественное и механическое проветривание, позволяют сократить энергопотребление на охлаждение и сохранить качество воздуха. Особенно это актуально в период жары, когда естественная вентиляция уже не справляется. Исследования в восточном Средиземноморье подтверждают эффективность таких гибридных решений при грамотной автоматизации и управлении [12].

В итоге устойчивость прибрежного жилья формируется не набором разрозненных мер, а как единая система: ориентация и планировка обеспечивают проход бризов, внешние экраны гасят радиационные нагрузки, инерционные конструкции и ночное проветривание обеспечивают охлаждение, зелёные кровли улучшают тепловой режим перекрытий, а BIPV-системы дополняют энергетическую составляющую без нарушения климатической логики. Всё это подтверждено исследованиями по бризовой вентиляции, затенению, зелёным кровлям и городскому тепловому острову [13].

Выводы

Прибрежные жилые здания Средиземноморья работают в условиях растущей климатической нагрузки: летний перегрев усиливается, ночи остаются тёплыми, морская влажность затрудняет тепловое испарение пота и отсрочивает выхолаживание, а в отдельных местах порывистые ветры создают дополнительную ветровую и акустическую нагрузку. Ответ архитектуры убеждает своей простотой и гибкостью. Глубина балконов и лоджий, наружные подвижные экраны и двойные оболочки, ориентация на бризовые окна, инерционные ограждения с ночным проветриванием и озеленённые эксплуатируемые кровли формируют внятный «язык» климатической адаптации, который легко сочетается с современными

энергетическими целями и не требует сложной эксплуатации. Важно проектировать эти элементы, как связную систему, где каждый компонент усиливает остальные, а не как набор несвязанных улучшений. Современные исследования дают достаточную опору для того, чтобы переносить этот язык в новое строительство и реновации, адаптируя детали к местной ветровой розе, уличному профилю и социальным практикам жилья. В конечном счёте именно архитектура, а не только инженерные системы, удерживает прибрежную квартиру в зоне комфорта в дни, когда кондиционер — роскошь или недоступность, а сеть — не гарант. И если говорить совсем прямо, устойчивое жильё на Средиземном море сегодня — это дом, который умеет ловить бриз, щуриться от солнца и остывать ночью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стецкий С.В. Эффективные солнцезащитные устройства в гражданском строительстве регионов с жарким солнечным климатом / С.В. Стецкий, В.А. Ходейр // Вестник МГСУ. — 2012. — № 7. — С. 9–15.
2. Верховский А.А. Теплотехнические исследования двойного фасада в российских климатических условиях / А.А. Верховский, А.В. Шеховцов // Вестник МГСУ. — 2011. — № 3. — С. 215–220.
3. Тихомирнов С.Н. Оработка методики определения теплотехнических свойств двойного фасада в условиях испытательной лаборатории / С.Н. Тихомирнов, Н.А. Пантюхов, А.В. Соловьев // Вестник МГСУ. — 2011. — № 3. — С. 270–275.
4. Куприянов В.Н. Расчет параметров солнцезащитных устройств / В.Н. Куприянов, А.В. Спиридонов — DOI: 10.33979/2073-7416-2019-83-3-54-62. // Архитектура и градостроительство. — 2019. — № 3(83) — С. 54-62.— URL: <https://oreluniver.ru/public/file/archive/2073-7416-2019-83-3-54-62.pdf> (дата обращения: 29.08.2024).
5. Копылова А.И. Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» / А.И. Копылова, А.К. Богомолова, Д.В. Немова // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2016. — № 10(49). — С. 20–34. — URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/10\(49\)/2_nemova_49.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/10(49)/2_nemova_49.pdf) (дата обращения: 29.08.2024).
6. Король Е. Оценка влияния технологий озеленения кровельных покрытий жилых зданий на экологическую безопасность города Москвы / Е. Король, Н. Шушунова // Academia. Архитектура и строительство. — 2023. — № 2. — С. 153–159.
7. Каракова Т.В. Влияние климатических факторов северного Казахстана на формирование центров социальной активности населения / Т.В. Каракова, Г.А. Карабаев // Градостроительство и архитектура. — 2019. — Т. 9, № 2. — С. 112–188. — URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/795579179.pdf> (дата обращения: 10.09.2024).
8. Бодров М.В. О факторах эффективной работы систем естественной вентиляции / М.В. Бодров, В.Ю. Кузин, Е.М. Прыткова, А.Ф. Юланова // Жилищное строительство. — 2022. — № 1–2. — С. 3–8.
9. Оденбах И.А. Оптимизация естественного освещения и инсоляции зданий с криволинейными фасадами / И.А. Оденбах, Р.С. Закируллин // Academia. Архитектура и строительство. — 2021. — № 2. — С. 111-116.
10. Копылова А.И. Энергетическая эффективность зданий с применением технологии «зеленая кровля» / А.И. Копылова, А.К. Богомолова, Д.В. Немова —

DOI: 10.18720/CUBS.49.2. // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2016. — № 10(49). — С. 20-34 — URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/10\(49\)/2_nemova_49.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/10(49)/2_nemova_49.pdf) (дата обращения: 29.08.2024).

11. Серов А.Д. Проектирование солнцезащитных устройств по комплексной солнечной карте для города Москвы / А.Д. Серов // Инновации и инвестиции. — 2022. — № 1. — С. 140–145.
12. Шмаров И.А. Инсоляция помещений как средство ограничения перегрева ограждающих конструкций / И.А. Шмаров // Academia. Архитектура и строительство. — 2020. — № 4. — С. 83–92.
13. Ефимов В.В. Бризовая циркуляция в атмосфере Крымского региона / В.В. Ефимов, О.И. Комаровская // Морской гидрофизический журнал. — 2015. — № 6. — С. 77-87. — URL: <https://mrфж.рф/static/assets/files/2015/06/20150606.pdf> (дата обращения: 16.09.2024).

Alkhoury Diala

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

E-mail: 1042235018@pfur.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9760-7395>

Analysis of architectural elements of the design of coastal residential buildings in the face of climate challenges

Abstract. The paper examines architectural strategies in Mediterranean coastal housing that address overheating, humidity, and marine winds. We trace how traditional features—massive masonry envelopes, earthen blocks, shaded loggias, exterior shutters, and lattice screens—have informed contemporary design through advanced envelopes, green roofs, integrated shading, and mixed-mode ventilation. The approach relies on peer-reviewed studies of natural cross-ventilation and solar control in Mediterranean climates, on typological literature, and on a comparative reading of built residential projects in Barcelona, Beirut, and Marseille. We find that orientation to sea-breeze regimes, carefully dimensioned balconies and loggias, exterior operable shading and double-skin systems, together with the synergy of thermal mass, insulation, and night ventilation, reduce cooling demand and stabilize indoor comfort during heat waves. Green roofs and building-integrated photovoltaics, when conceived as parts of the climatic envelope and coordinated with natural ventilation, further enhance resilience. Given urban heat-island amplification and the rise of tropical nights across Southern Europe, these measures are becoming indispensable. The contribution lies in articulating a set of historically grounded and research-supported design elements that can be implemented in coastal housing to improve thermal comfort and lower energy use. Core claims are supported by studies on sea-breeze ventilation, shading effectiveness, and Mediterranean green-roof performance.

Keywords: coastal housing; mediterranean climate; natural ventilation; sea breeze; exterior shading; shutters; mashrabiya; green roofs; thermal mass; mixed-mode ventilation; urban heat island