



# Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития

Г. В. Есаулов, академик РААСН, проректор по научной работе Московского архитектурного института (МАрХИ), [otvet@abok.ru](mailto:otvet@abok.ru)



Творчество современных архитекторов и градостроителей, инженеров и технологов, работающих в различных сферах проектно-строительной деятельности, создания и производства новых материалов, конструкций и технологий, неразрывно связано с общими тенденциями социально-экономического развития. Все больше проектов и построек, именуемых устойчивыми, зелеными, экоустойчивыми, экологичными, энергоэффективными и другими подобными по сути терминами. Их появление определяется парадигмой устойчивого развития.

**Ключевые слова:** устойчивая архитектура, энергоэффективность, зеленое строительство, экоустойчивость, рейтинговая система оценки

## Об определениях

Принятие мировым сообществом концепции устойчивого развития<sup>1</sup> определило стремление человечества обратиться к поиску возможностей воплощения его принципов в самых разных сферах деятельности. Архитектуру целых исторических эпох именуют одним словом, связывая с ним определенное содержание. Сами же имена архитектурных эпох, стилей и направлений весьма условны.

Парадоксально звучащее сегодня словосочетание «устойчивая архитектура» (пока человечество не знало «неустойчивой» архитектуры) – это скорее ориентир проектного процесса, нежели собственно архитектура, ее возможное временное или стилевое наименование. Это не тенденция и не направление в архитектуре, а именно вектор развития, система принципов, проектная парадигма. Следуя стратегии межотраслевого развития, устойчивая архитектура призвана обеспечивать потребности ныне живущих поколений людей на высоком качественном уровне, не лишая будущие поколения таких же возможностей. Вместе с тем, формирование будущего невозможно без учета имеющихся многочисленных научных и проектных разработок – своего рода прошлого устойчивой архитектуры, истории всей архитектуры, учета опыта традиционного народного зодчества.

На симпозиуме, посвященном устойчивой архитектуре, состоявшемся в 2011 году, мною было предложено определение: «Устойчивая архитектура (sustainable architecture) – архитектура, имеющая программой непротиворечивое единство эстетических позиций автора и времени и социально-экономических, инженерно-технологических и природно-экологических требований, базирующихся на принципах устойчивого развития, полнота воплощения которых определяется принятыми в мировой практике и практике страны требованиями рейтинговых систем оценки устойчивости среды обитания» [1].

Тенденции учета современных требований, применения тех или иных принципов и методов проектирования и строительства, технологий и инженерных систем сегодня проявляются в разных названиях архитектуры: устойчивая, низкокзатратная, энергоэффективная, изумрудная, экологически дружелюбная, зеленая.

Проектирование зеленых зданий и зеленое строительство на принципах устойчивого развития

все больше ориентированы на аналитические предпроектные процедуры и поиск архитектурного решения в содружестве с инженерами – специалистами в самых разных областях.

Наиболее общим, охватывающим наибольшее число сторон, характеризующих архитектуру, в которой реализованы принципы устойчивого развития, представляется термин «устойчивая архитектура».

Поиски нового в архитектуре ведутся на фоне глобальных структурных процессов в культуре, вызванных приходом информационной эпохи, становлением постиндустриального общества, общепланетарными природно-климатическими изменениями. При всем многообразии форм современной архитектуры принципы устойчивого развития определяют сущностный характер построек.

Вселенским вызовом человечеству стали климатические аномалии на планете. В глобальный доклад ООН 2011 года «Города и изменение климата: направления стратегии» включен тезис о том, что «при дальнейшей урбанизации понимание воздействий изменений климата на городскую среду будет приобретать все большее значение».

Роль технологий в создании устойчивой архитектуры огромна. Эти технологии получили название зеленых и определяются как «экономически безопасные инновационные технологии, позволяющие сократить ресурсопотребление и негативное воздействие на окружающую среду при сохранении их экономической эффективности» [2].

Приведем еще одно определение, связывающее характеристику технологий с устойчивым развитием: «Зеленые технологии – инновации, в основе которых лежат принципы устойчивого развития и повторного использования ресурсов» [3].

Как производное от применения зеленых технологий определяется и зеленое строительство. «Зеленое строительство – отрасль, включающая в себя строительство и эксплуатацию зданий с минимальным воздействием на окружающую среду. Основной задачей зеленого строительства является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка до проектирования, строительных работ, эксплуатации и сноса» [4]. Существуют и другие определения зеленого строительства и зеленых зданий, однако они близки по сути [5].

<sup>1</sup> Термин «устойчивое развитие» понимается как аналог понятий sustainability, die Nachhaltigkeit.



■ Масдар (ОАЭ)

Анализ практики зеленого строительства и устойчивой архитектуры дает основание выделить две основные черты устойчивой архитектуры: экологичность и использование высоких технологий. Поэтому и может быть предложено новое, более краткое определение устойчивой архитектуры: «Устойчивая (зеленая) архитектура – экологически ориентированная архитектура высоких технологий»<sup>2</sup>. При этом экологическая составляющая учитывает общую экологию и экологию культуры.

В практическом смысле критериями соответствия объектов требованиям устойчивости стали рейтинговые системы оценки. Наибольшее распространение получают три международных рейтинговые системы: американская LEED, британская BREEAM и немецкая DGNB.

В нашей стране в 2010-е годы разрабатываются нормативные документы и рейтинговые системы оценки устойчивости зданий и сооружений. Сегодня набор российских зеленых стандартов включает следующие документы:

1. ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости».

2. СТО НОСТРОЙ 2.35–4–2011 «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания».

3. СТО НОСТРОЙ 2.35.68–2012 «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Учет региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания».

4. Система добровольной сертификации объектов недвижимости «Зеленые стандарты» <http://www.greenstand.ru/watch/sistema.html>.

5. Система добровольной сертификации «Рейтинговая система оценки экоустойчивой среды обитания САР-СПЗС». Экологический стандарт для оценки малоэтажной недвижимости и индивидуальных жилых домов <http://rsabc.ru/ru/o-sovete/klassifikatsiya/>.

6. Российская гильдия управляющих и девелоперов Green Zoom <http://www.greenzoom.ru/#about>.

В связи с этим возникает необходимость координации подходов в разрабатываемых документах и возможностей их применения.

Вместе с тем наряду с названными подходами к инженерным, технологическим разработкам и оценке успешности этой деятельности рейтинговыми системами все большее значение приобретает воплощение процессов устойчивого развития в архитектурной форме. Именно она, интегрируя усилия архитектора и инженера, формирует облик среды жизнедеятельности.

Под архитектурной формой понимается структурно и функционально организованная, символически значимая, ориентированная на эстетическое и повседневное (бытовое) восприятие материальная субстанция.

Что же определяет архитектурную форму как интегратор проявления и воплощения принципов устойчивого развития? Обозначим сферы рождения устойчивой архитектуры:

- научные исследования;
- экспериментальное проектирование;
- нормативное сопровождение – регулирование;
- образовательная деятельность;
- проектирование и строительство;
- мониторинг жизненного цикла.

Именно в многообразии этих областей деятельности различных специалистов и этапов реализации замыслов и осуществляется процесс рождения и бытия устойчивой архитектуры. Каждая из сфер обладает своей методологией деятельности и методами решения задач создания устойчивой архитектуры. Отметим, что приведенная последовательность сфер условна.

<sup>2</sup> Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура: от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. 2014. № 6. С. 9–14.

На данном этапе развития устойчивой архитектуры уровни решения задач внутри сфер в нашей стране различны и несинхронны. Это характеризует состояние процессов в целом и определяет стратегические подходы. В основе – два подхода, которые выделяют архитекторы и инженеры: например, два подхода к развитию экоустойчивой архитектуры: «Первый подход – активное включение в архитектуру всех новейших технологических разработок по энергоэффективности, умному управлению зданием, использованию новейших материалов. Второй подход заключается в применении объемно-пространственных, архитектурных методов, влияющих на энергопотребление и ресурсосбережение, а также в максимальном использовании естественных, а не механических способов работы инженерных систем» [6, с. 45].

Фактически, как показывают тенденции развития устойчивой архитектуры, происходит соединение этих двух подходов. Вероятно, синтез и определит их будущее.

## Принципы формирования

Исходя из опыта и тенденций создания устойчивых архитектурных решений, можно предложить следующие принципы формирования устойчивой архитектуры, применение которых может быть рассмотрено в каждой вышеназванной сфере:

- гармонизация социальных, экономических, экологических, территориально-пространственных факторов развития поселений;
- выявление оптимального сочетания стабильного и изменяемого в программе проектирования объектов;
- природосообразность и биомиметика;
- адаптивность к вызовам и рискам природно-климатического и техногенного характера;
- пространственное и математическое моделирование формы здания в зависимости от факторов, определяющих жизненный цикл.

Рассмотрим влияние предложенных принципов на архитектурную форму последовательно.

## Гармонизация факторов развития

В рамках развития триединства экономических, социальных и экологических составляющих устойчивого развития вырабатываются требования к стратегии формирования и реконструкции среды жизнедеятельности и, в свою очередь, к архитектуре и градостроительным системам. Полномасштабное проектирование на уровне нового города с учетом гармонизации всех факторов предпринимается в настоящее время на моделях smart city.

Одно из достаточно свободных определений smart city звучит так: «Умные города используют ИКТ с целью стать более эффективными в использовании ресурсов различного рода и, как



■ Сонгдо (Южная Корея)



■ Riverview (Китай)

следствие, получить экономию в общих издержках и энергетических затратах, улучшить уровень сервиса и качество жизни, снизить негативное влияние человечества на окружающую среду – все это благодаря развитию инноваций и низкоуглеродной экономике»<sup>3</sup>. Умный город предполагает, что «благодаря управлению с общественным участием, государственным инвестициям в человеческий и общественный капитал, традиционные (транспорт) и современные (ИКТ) технологии, станет возможным обеспечить устойчивый экономический рост, эффективно управлять имеющимися природными ресурсами и обеспечить лучшее качество жизни в городских поселениях»<sup>4</sup>.

Масдар (ОАЭ) и Сонгдо (Южная Корея) могут быть рассмотрены в качестве примеров smart city. Их проектирование велось от общей стратегии, увязывающей процессы жизнедеятельности города, к отдельному объекту, что дает возможность обеспечить оптимальное программирование и учет всех факторов, определяющих функционально-типологические, архитектурно-художественные и типологические характеристики.

## Выявление оптимального сочетания стабильного и изменяемого

Позиция устойчивого развития заставляет иначе оценить соотношение стабильного и изменяемого в архитектуре. Их динамический баланс

и должен обеспечить воплощение принципа устойчивости. При этом элементы устойчивости – это и стабильное, и изменяемое. Стабильное имеет духовную и материальную составляющие. Сохранение недвижимых памятников историко-культурного наследия общепризнано составляющей устойчивости среды, материальной основой культурной идентичности народов.

Временные лаги влияют на ценностные характеристики произведений архитектуры, выявляя в корпусе объектов прошедших периодов времени уникальное, типичное, характерное всем трем пластам [7] и придавая отдельным постройкам статус памятника, осуществляя процесс «вменения ценностей».

Стабильность системно характеризуется физико-механической прочностью, инженерно-технической надежностью и живучестью (способностью к сохранению свойств) конструктивных и инженерных систем, инерционностью свойств объекта, а также сохранением ценностных характеристик архитектурных объектов, интегрированных в понятие «памятник архитектуры».

Стабильное и изменяемое в современной архитектуре имеют свое воплощение и в прямом смысле. Характерными примерами стабильного и изменяемого в отношении оболочки формы и пространства архитектуры и природы являются три типа:

- стационарная форма (обеспечивающая микроклимат за счет инженерных систем и частично – изменения формы оболочки): многофункциональный комплекс Riverview (Pelli Clarke Pelli Architects), Ухань, Китай; сертифицирован по BREEAM;
- передвигающаяся (динамичная) форма (архитектура, чувствительная к погодным изменениям за счет движения оболочек форм постройки: раскрытия/закрытия, перемещения форм, изменения углов наклона козырьков, жалюзи, навесов): «Скользкий дом» (DRMM Architecture), Суффолк, Великобритания. Эти работы осуществляются в рамках исследования биоадаптивных оболочек здания [8];
- интерьерное пространство, содержащее фрагменты природной среды, влияющие на микроклимат объекта: Cyberecture Egg (James Lau), Мумбаи, Индия.

<sup>3</sup> Бойд Коэн, Ph.D., <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet> (пер. автора).

<sup>4</sup> Университет ООН, выдержка из программы «Основы интеллектуального управления умными городами» <http://www.emacao.egov.iist.unu.edu/index.php/emacao/projects/Intelligent-Governance-of-Smart-Cities-Foundations>.

Стационарные системы (каркас, стены, оборудование) сочетаются с мобильными (оболочки, покрытия, оборудование).

Таким образом, входящее в стабильное, ценностное, имеет вектором в устойчивом развитии сохранение и транслирование. Устойчивость проявляется и в изменяемом как адекватно воплощающем вызовы времени, трансформации климата и т. п.

Изменяемость проявляется прежде всего в следующих свойствах архитектурной формы: новационности (как способности к восприятию достижений технического прогресса), адекватности (как возможности реагировать на меняющиеся внешние факторы), эволюционности (как реакции на внутренние потребности саморазвития и внешние факторы) [1]. Учет воздействия ветра, влияние влажности, солнечный свет во многом определяют новые оригинальные формы зданий (ветроустойчивость постройки, возможность улавливания света зданиями).

В свою очередь, новационность, адаптивность и эволюционность предопределяют трансформации и преобразования архитектурной формы, ее строения (морфологии), назначения (функциональности) и значения (семантики).

Непрерывность обновления изменяемого приводит к его трансформации в стабильное, к превращению архитектурных форм в устойчивые элементы среды жизнедеятельности.

Таким образом, архитектура как составляющая материальной среды жизнедеятельности, состоящая из различных объектов, элементы которых и она сама (архитектура) в целом находятся в непрерывном процессе развития (как сбалансированного сочетания стабильного и изменяемого), обеспечивает реализацию принципов устойчивости.

Вопросы же выделения элементов стабильного и изменяемого, своего рода «каркаса» и «ткани» архитектурной формы, нуждаются в постоянном исследовании и проектировании.

## Природосообразность и биомиметика

Динамика влияния природы на архитектуру на протяжении всей ее истории раскрывает огромный спектр примеров, который позволяет сделать вывод о стратегическом векторе движения архитектуры, предопределяемом парадигмой



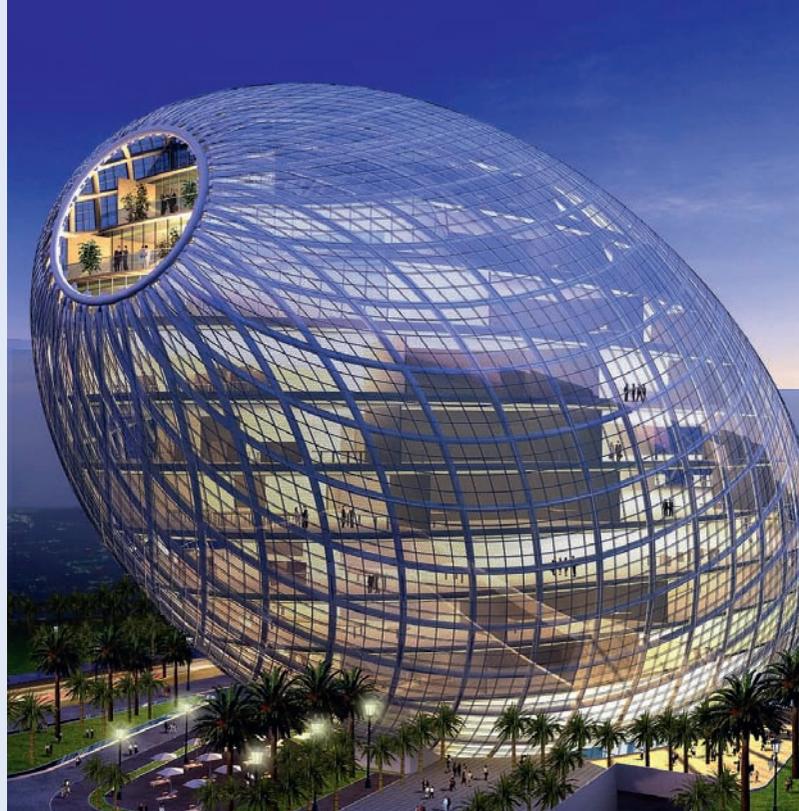
■ «Скользкий дом» (Великобритания)

существования человека и природы: от приспособления через противопоставления и конфронтации к симбиозу.

Современное понимание влияния природы на архитектуру состоит в изучении природных форм как прошедших длительную эволюцию по выживанию в различных природных условиях посредством приспособления и симбиоза [9].

Важным направлением поисков взаимодействия архитектуры и природы является выявление закономерностей формообразования в природе и попытки заимствования их проектировщиками: инженерами и архитекторами.

Ближе всего к такому подходу бионика. Природные формы, формы животного и растительного мира, прошедшие тысячелетнюю эволюцию, являют собой примеры адаптации к постоянно меняющимся природно-климатическим условиям. Многочисленны примеры стационарных каркасов



#### ■ Cyberecture Egg (Индия)

и динамических оболочек, меняющихся форм на протяжении жизненного цикла растительных организмов и мира животных и птиц, рыб и насекомых.

От подражания во внешнем облике и строении архитектурных объектов бионики мы приходим к глубинному осмыслению жизненного цикла форм в биомиметике. При этом «биомиметические принципы, то есть применение единых подходов к развитию природной и архитектурной сред» [10, с. 3] рассматриваются как принципы архитектурного проектирования, что, безусловно, даст новые импульсы в развитии форм и организации пространственной среды.

### Адаптивность к вызовам и рискам природно-климатического и технологического характера

Изменения климата, все более резкие колебания температурных циклов, повышение температуры, жара и засуха, ливни и наводнения, другие экстремальные природные воздействия и техногенные катастрофы – все это диктует новые требования к живучести, сохраняемости и устойчивости в прямом смысле градостроительных образований и архитектурных объектов. Отсюда и появление двух направлений преодоления катастрофических воздействий. Первое – ужесточение требований к искусственной среде, обеспечивающих ее сохранность и защиту человека. Второе направление состоит в возможности осуществления новых способов существования искусственной среды

(плавающие, летающие здания и города) и др. На ЭКСПО-2012 «Живой океан и побережье» в южнокорейском городе Иосу (Ёсу) были представлены подходы к решению проблемы океана в условиях глобального потепления. Новые формы проживания человека в контакте с водной стихией раскрыли проекты швейцарца В. Колебо, а также Павильон морского города и морской цивилизации. Стационарные формы на водной глади представлены и в проектах московского архитектора А. Асадова.

### Пространственное и математическое моделирование формы здания в зависимости от факторов, определяющих жизненный цикл

IT-моделирование форм с демонстрацией внутренних функциональных и внешних процессов и воздействий на архитектурную форму, влияний природно-климатических циклов, с учетом природных рисков и меняющегося состояния здания на протяжении различных стадий жизненного цикла обеспечит новый уровень решения проектных задач.

Математическое моделирование широко применяется в проектировании и в строительстве. Исследования и программирование архитектурных форм и пространств нуждаются в дальнейшей разработке программного обеспечения и его внедрении. Хотя уже сегодня поиск оптимальных форм объекта, например минимальная площадь поверхности при максимальном объеме (здание мэрии Лондона, архитектор Н. Фостер), практически

воплощается в жизнь. Оптимизация формы и ориентации здания с учетом направленного действия наружного климата осуществляется путем математического моделирования, проводимого российскими учеными [11, 12].

Разработка цифровых моделей, учитывающих влияние как отдельных факторов, так и их групп, точный функциональный и природно-климатические циклы для отдельного здания или фрагмента пространственной среды, может оказать существенное влияние на методику проектного процесса и, как следствие, рождение новых архитектурных форм.

Таким образом, устойчивая архитектура как вектор развития диктует требование интеллектуализации, включения исследовательских процедур и экспертных оценок в традиционное архитектурное и градостроительное проектирование, в котором сценарное прогнозирование с моделированием ситуаций и процессов становится неотъемлемой частью деятельности в условиях применения многокритериальных рейтинговых оценок вариантов решения проектных задач и осуществленных проектов, в использовании итераций для достижения требуемых результатов.

В таком подходе реальны различные варианты сочетаний, возможно выделение неких инвариантов в архитектуре различных направлений (каркас, мобильные оболочки, стационарные формы и мобильное оборудование, самонастраивающиеся системы, учитывающие новации различных видов энергетики) и создание новых материалов и конструкций.

При этом в основе всех разработок – поиск философских концепций и сценариев развития, учет названных выше социально-экономических, природно-экологических, инженерно-технологических, художественно-эстетических и других факторов и требований.

Современные версии минимализма в наибольшей степени программно нацелены на воплощение принципов устойчивого развития. Однако поиски архитекторов и представителей других творческих направлений демонстрируют возможные пути рождения архитектурных форм, построенных на сочетании оригинальных пространственно-пластических идей и новаций зеленых технологий. Вероятно, многообразие достижений классической архитектуры различных исторических эпох наряду с традиционными для зодчества факторами «духа места», своеобразия контекста культуры народов, уникальности природы будет способствовать появлению оригинальных региональных

архитектурных школ и индивидуализации облика зданий и сооружений в русле развития устойчивой архитектуры. Предложенное определение устойчивой архитектуры и принципы ее формирования могут быть использованы на различных стадиях проектной деятельности, в том числе при разработке стратегии развития устойчивой архитектуры в России [6, 13].

## Литература

1. Есаулов Г. В. Устойчивая архитектура как проектная парадигма (к вопросу определения) // «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее». Труды международного симпозиума. 17–18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. М., 2012.
2. greenevolution/evolutionwards2014.
3. «Зеленая энциклопедия» greenevolution.ru/enc/wiki/zelenye-texnologii.
4. «Зеленая энциклопедия» greenevolution.ru/enc/wiki/zelenoe-stroitelstvo.
5. Бродач М. М. Бизнесу зеленый свет // АВОК. 2009. № 6.
6. Ремизов А. Н. Стратегия развития экоустойчивой архитектуры в России // «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее». Труды международного симпозиума. 17–18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. М., 2012.
7. Есаулов Г. В. Третий пласт в архитектуре Юга России в XX веке // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 3.
8. Мунен Р., Хайрулина А., Хенсен Я. Биоадаптивная оболочка зданий // Здания высоких технологий. 2014. Лето.
9. Есаулов Г. В. Архитектура в природе. Природа в архитектуре. Парадигмы развития // «Архитектура в природе. Природа в архитектуре». М. – Кироводск, 2009.
10. Гридюшко А. Д. Биомиметические принципы в архитектурном проектировании // Автореф. дисс. канд. archit. М. : МАРХИ, 2013.
11. Tabunschikov Y. A. Mathematical models of thermal conditions in buildings. CRC Press, 1993.
12. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М. : АВОК-ПРЕСС, 2002.
13. Табунщиков Ю. А. Дорожная карта зеленого строительства в России: проблемы и перспективы // АВОК. 2014. № 3. ■