

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДРУЖЕЛЮБНЫХ ЗДАНИЙ

М.З. Стаменкович

Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

Одной из заметных тенденций в современной архитектурной практике является проектирование энергетически эффективных и экологически дружелюбных зданий. В данной статье представлены итоги проведенной автором классификации архитектурных решений, отвечающих данному направлению. Суть классификации заключается в выявлении спектра архитектурных приемов и технологических решений, повышающих энергоэффективность и экологичность сооружений путём учёта факторов среды. Анализ проводился на материале проектов, осуществлённых в условиях различных природно-климатических зон. Приведённая классификация является частью исследования, посвящённого формулированию принципов адаптивной реорганизации кварталов индивидуальных жилых домов Сербии.

Ключевые слова: энергоэффективные и экологические здания, природно-климатические факторы, «устойчивое» развитие жилой среды, альтернативные источники энергии, энергоэффективные технологии

CONTEMPORARY APPROACH IN DESIGNING OF ENERGY-EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BUILDINGS

M. Stamenkovic

Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia

Abstract

One of the noticeable trends in modern architecture is the design of energy-efficient and environmentally friendly buildings. This article presents the results of the classification held by the author of architectural solutions to meet this direction. The essence of classification to identify the spectrum of architectural techniques and technological solutions that improve energy efficiency and environmentally friendly buildings, by taking into account environmental factors. The analysis was performed on the projects implemented in different climatic zones. The above classification is part of a study on the formulation of principles of adaptive reorganization of blocks of individual houses in Serbia.

Keywords: energy-efficient and environmental building, climatic factors, "sustainable" development, integrated approach, energy-efficient technologies

*«...Каждое здание строится для определенного применения,
в определенном месте и для определенного общества...»*

Цумтор Петер

В зависимости от географического положения района проектирования и строительства складываются условия, влияющие на форму и внутреннюю структуру сооружений. Адаптируя здания к окружающей среде, современные архитекторы используют различные приемы проектирования, позволяющие достигать большего внутреннего комфорта, уменьшать энергетические затраты на обслуживание зданий и снижать общее загрязнение атмосферы - это одна из самых заметных тенденций современной архитектуры.

Известно, что природные факторы во многом влияют на архитектурную форму зданий и определяют средства, которыми достигаются комфортные условия во время эксплуатации архитектурных объектов. Такими факторами являются: солнечное излучение, ветровые потоки, водные ресурсы, почвенный состав, топография местности, влажность, выпадение осадков, наличие и характер растительности. Каждый из факторов оказывает разное влияние на объемно-пространственную композицию зданий и диктует использование определенных строительных материалов.

Для соблюдения необходимых комфортных условий функционирования всего объекта, в различных природно-климатических условиях требуется разное потребление энергии и разные способы снижения вредного воздействия на окружающую среду. Так, например, в зоне тропических лесов, на экваторе, в период ливней приходится бороться с высокой влажностью в помещениях, но наряду с этим можно активно использовать озеленение и сбор дождевой воды для технического использования, снижая при этом потребление воды из городских сетей. В умеренном климате смена погодных условий происходит чаще, чем два раза в год и приходится учитывать динамику колебаний в течение года внешних температурных режимов в среднем от -10°C до $+30^{\circ}\text{C}$.

Существуют примерно одинаковые нормы внутреннего микроклимата помещений, которые должны быть стабильными и не зависеть от изменений внешних факторов среды (Рис. 1(a,b)). Функциональное назначение помещения определяет приоритеты: светового комфорта, нужды в свежем воздухе, потребления воды и электричества. Обычно эти аспекты учитываются на уровне архитектурных решений и обеспечиваются технологическими средствами, дополняющими возможности внешней среды: тепловые поступления, влажность и воздушные потоки [1].

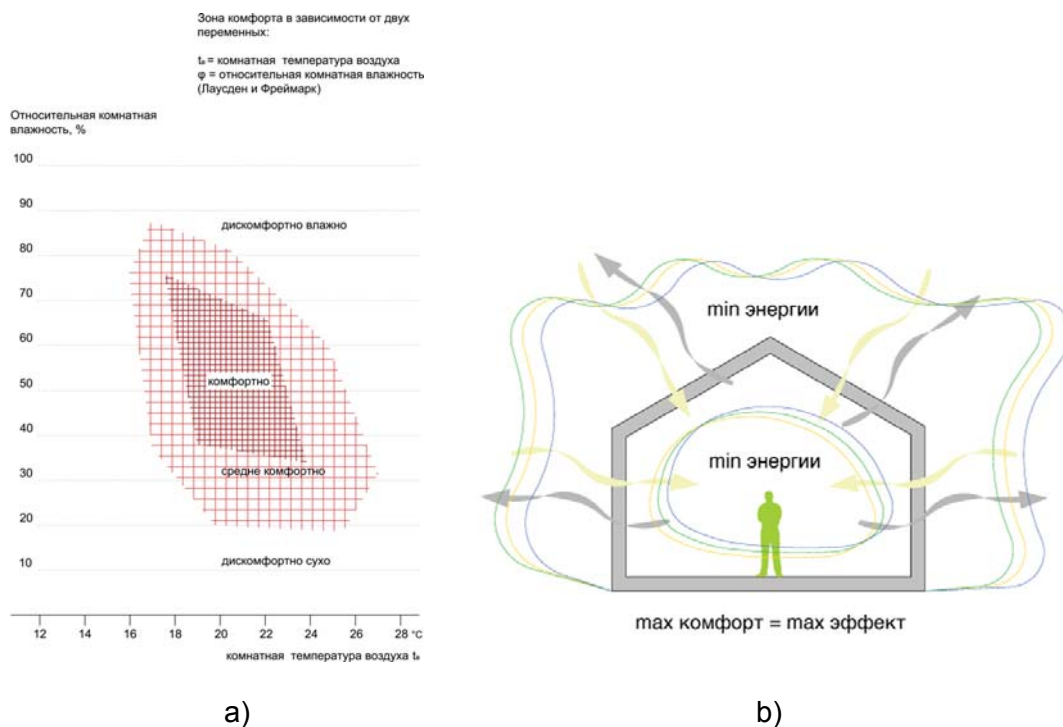


Рис. 1(a,b). а) График комфортных условий пребывания человека внутри помещения;
 б) Взаимосвязь уровня комфорта, энергоэффективности и природных факторов

В процессе обеспечения комфорта внутренней среды сооружения наблюдается обратная связь между затрачиваемой для этого энергией и экологией среды. Потребление большого количества традиционных видов энергии (сжигание нефти и газа, электроэнергия) снижает экологию среды. Чтобы сохранить окружающую среду необходимо снизить потребление энергии, что возможно при использовании альтернативных источников и экологически чистых материалов, которые становятся частью архитектурных решений.

«Здания, несомненно, оказывают губительное влияние на экосистему планеты. Они выбрасывают в атмосферу около трети углекислого газа, способствуют образованию двух пятых кислотных дождей, потребляют не менее 40% мировых энергоресурсов, производят 40% мирового парникового эффекта, генерируют почти половину не перерабатываемого мусора и ведут к непоправимым изменениям климата на земле. Становится недостаточным только лишь применение новых инженерных систем. Должны приниматься решения на уровне архитектурных идей, концепций, подвигающие формообразование в проектировании к высокохудожественному и органичному вживанию в среду»[2].

Практика показывает, что средствами современных архитектурных решений возможно свести к минимуму отрицательные показатели воздействия сооружения на природное окружение, обеспечив при этом максимально высокий уровень комфорта внутренней среды.

В приведенной классификации анализируемых архитектурных приемов выявлены несколько уровней отрицательного воздействия здания на окружающую среду. Главным образом это связано с выделением CO₂ в атмосферу за счет употребления нефти и газа для отопительных приборов. К тому же пагубное влияние на экологию оказывает нерациональное использование природных ресурсов для получения электроэнергии, перерасход воды и производство строительных материалов, а также загрязнение окружающей среды во время строительства, эксплуатации и демонтажа зданий. Это превратилось в одну из главных проблем взаимоотношений человека с окружающей средой в современном мире.

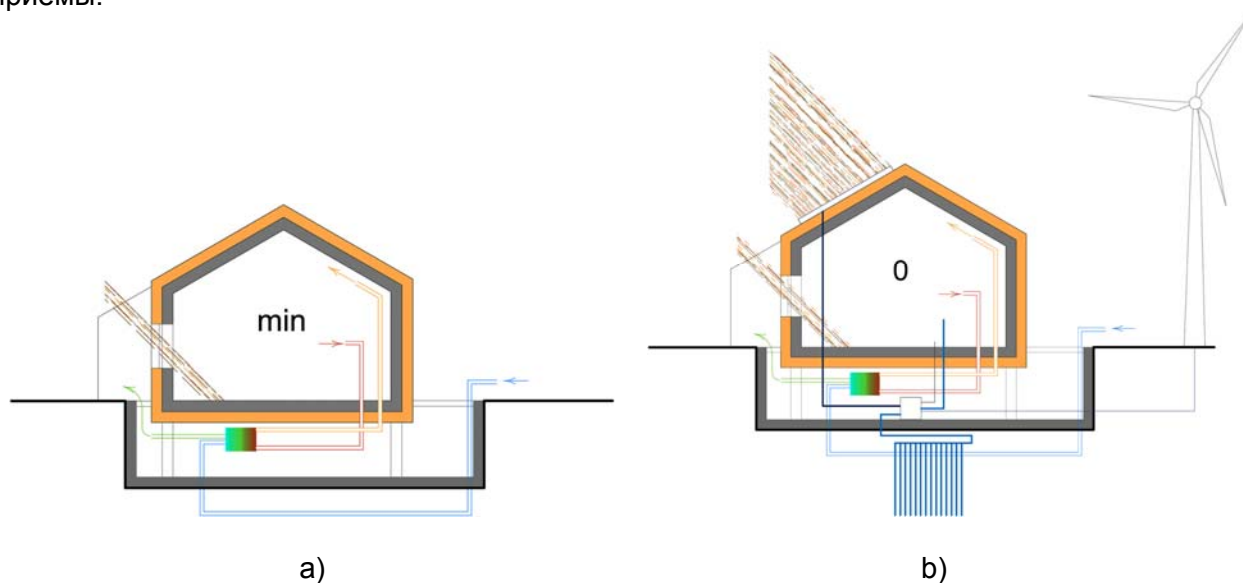
На сегодняшний момент, например, в России имеется немало нормативных правовых документов, которые регулируют отношения в области экологического нормирования и

стандартизации. Одним из основных документов следует назвать Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды». Также нормативными документами по охране природы являются строительные нормы и правила СНиП (например, СНиП 11-02-96. Инженерно-экологические изыскания), государственные стандарты ГОСТ в области охраны природы, санитарно-гигиенические нормативы, регламентирующие содержание загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве и продуктах питания, производственно-хозяйственные нормативы воздействия отдельных предприятий и источников на природную среду. Наряду с региональными нормами существуют и международные экологические стандарты, например ISO 14000.

За последнее время сформировались международные сертификационные комиссии, осуществляющие оценку качества энергоэффективности и экологичности зданий. Например, такими «знаками качества» являются DGNB в Германии, LEED в США и BREAM в Великобритании.

Отвечая нормам и стандартам, современные архитекторы используют приемы, которые позволяют оказывать минимальное воздействие на окружающую среду, удерживать экологический баланс, улучшать экологию. Практически все современные проектировщики стремятся соблюдать хотя бы минимальные требования по выбросу углекислого газа в атмосферу и учитывать экологические нормы. Здания, сохраняющие экологический баланс, в основном возводятся из деревянных конструкций или других «природных» строительных материалов. Часто адекватным решением является применение метода сборки из заранее подготовленных элементов. К архитектурным элементам, улучшающим окружающую среду, можно отнести фрагменты озеленения или специальные конструкции, целью которых является поглощение углекислого газа, выработка энергии и восстановление экологического баланса. Примером таких сооружений является Эко-бульвар с «воздушными деревьями» в Мадриде или знаменитая пешеходная зона «High Line» в Нью-Йорке.

Энергоэффективность является одним из важнейших факторов, который учитывается современной архитектурной практикой. Определены конкретные показатели, по которым здания могут быть отнесены к различным группам по степени энергоэффективности. При общем обзоре подобных архитектурных стандартов можно выделить три принципиально отличающиеся группы энергоэффективности: а) частично энергетически зависимые здания; б) полностью энергетически независимые здания; в) здания, производящие энергию (Рис. 2(а-с)). Уровень энергоэффективности напрямую зависит от природно-климатических характеристик региона, для которого здание проектируется, и от возможности использования тех или иных природных ресурсов. В зависимости от географического положения места проектирования и строительства используются разные архитектурные приемы.



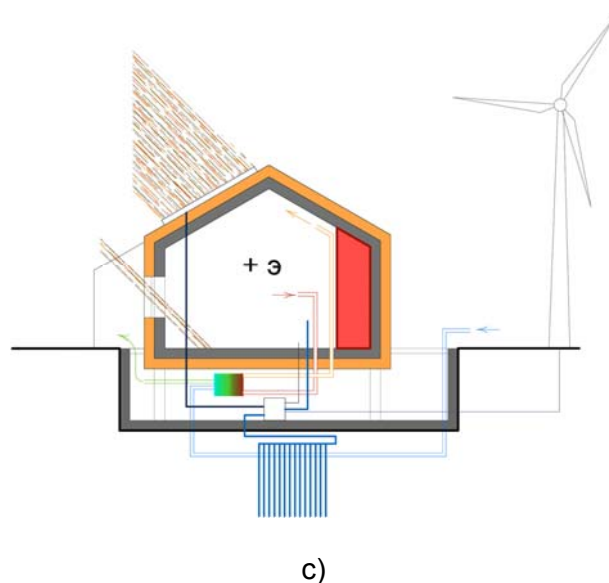


Рис. 2(а-с). Три группы зданий, отличающихся уровнем энергоэффективности: а) частично энергетически зависимые здания; б) полностью энергетически независимые здания; с) здания производящие энергию

Здания, являющиеся **частично энергозависимыми** (Low Energy House, Passive House, Ultra-Low Energy House), тратят небольшое количество энергии. Как правило, в таких зданиях объемно-пространственные решения обеспечивают высокий уровень инсоляции, экономия происходит за счет двойного или тройного остекления и хорошей теплоизоляции. Очень часто в таких зданиях используется пассивный способ получения солнечной энергии. Осуществляется контроль за соблюдением минимального расхода воды. По немецким стандартам, например, на отопление и охлаждение в таких зданиях должно уходить до 15 kWh/m^2 в год. Суммарно на отопление, охлаждение, нагрев воды и электричество не должно расходоваться больше 42 kWh/m^2 .

Здания с **нулевым энергетическим балансом** и с нулевым выбросом CO_2 (Zero-energy House или Net Zero Energy House, Autonomous Building, house with no bills) могут быть независимыми от городских энергетических сетей в случае полной автономности объектов. На практике типичной является ситуация, когда в один период года энергия потребляется из городских сетей, а в другой – она возвращается обратно в городскую сеть. Такие здания, в основном, используют экологически чистые строительные материалы и не вырабатывают углерод и другие вредные вещества.

Здания, **производящие энергию** (Energy Plus House), потребляют ее намного меньше, чем получают в течение всего года. Чаще всего, в таких зданиях используются альтернативные источники энергии. Эффективность достигается за счет архитектурных приемов с пассивным и активным использованием энергии солнца, грамотного выбора места строительства, а также при помощи дополнительных технологических средств, вырабатывающих энергию.

В ближайшем будущем практически все здания, по стандартам, должны будут соответствовать тем или иным нормам энергоэффективности [4].

В приведенной ниже классификации архитектурные объекты (осуществленные с 2000 г. по 2010 г.) собраны в группы в соответствии с принципиально различными архитектурными приемами, служащими повышению их энергоэффективности и экологичности.

Удалось сформировать 9 таких групп и распределить их последовательно (слева направо) в порядке насыщения технологическим оснащением, служащим повышению уровня

комфорта архитектурного объекта: “Традиционные” приемы, “Озеленение”, “Топографические”, “Солнечные”, “Биомиметические”, “Вторичные”, “Трансформирующиеся”, “Сборные”, “Технологичные”. Каждая группа состоит из подгрупп, имеющих свои различия. При классификации объектов по группам учитывались несколько аспектов: формы и способы применения того или иного приема, достигаемый уровень комфорта внутри помещений.

Сначала рассматриваются **«традиционные»** приемы проектирования и строительства зданий. В зависимости от географического положения и наличия природных ресурсов традиционные приёмы характеризуются, прежде всего, использованием строительных материалов, влияющих на технику возведения зданий. В современной архитектурной практике существуют приемы проектирования и строительства объектов, совершенствующие традиционные способы строительства. Располагая только лишь теми ресурсами, которые имеются в ближайшем окружении, такие архитекторы как, например, Anna Heringer, Andrew Morrison, Prodesi Domesi, а также многие другие, создают объекты, обладающие необходимым уровнем комфорта, без использования современных технологических средств. Такой подход является одним из самых экологически чистых, и при этом здания гармонично «вырастают» из окружающей их природной среды. (Рис. 3(а-с)).

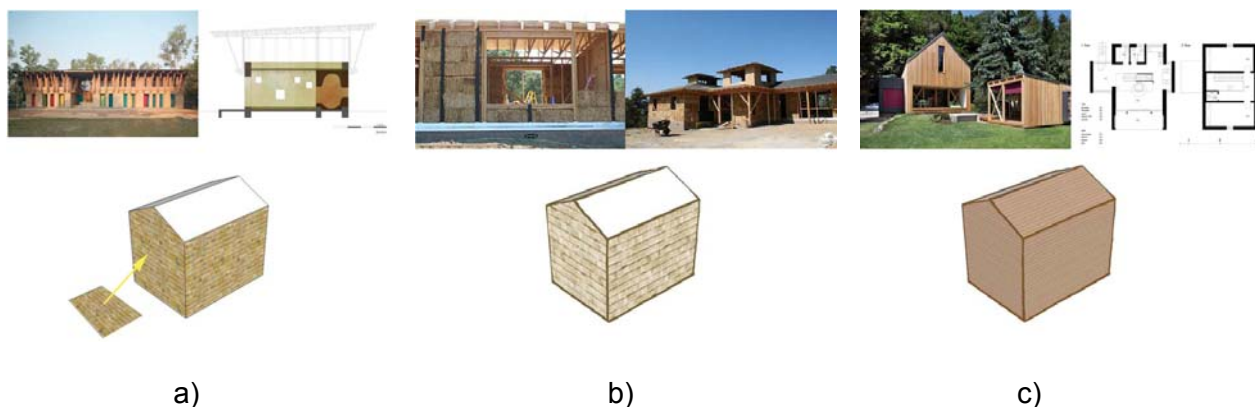


Рис. 3(а-с). Традиционные приемы возведения зданий: а) «Гео» блоки (Пример: Handmade school, г. Рудрапур, Бангладеш, год 2004, архитектор Анна Херингер); б) Соломенные блоки (Пример: Straw Bale house, г. Ашленд, США, год 2009, архитектор Эндрю Моррисон); с) Деревянные (Пример: Stribrna Skalice House, г. Стрибрна, Чехия, год 2010, архитектор Prodesi Domesi)

Существуют разные технологии и способы традиционного строительства. Их применение в основном связано с жилыми, и реже, с общественными постройками в пригородах или внегородских территориях. Несмотря на большое разнообразие географических и природно-климатических зон, выделяются несколько групп материалов, представляющих основной ресурс традиционного строительства. Это природный камень, земляные (глиняные) блоки или заполнение ими деревянного каркаса, древесина, солома или соломенные блоки. Здания, возводимые с применением таких материалов в качестве несущих и ограждающих конструкций, имеют ряд ограничений, определяемых размерами конструктивных элементов. Так, например, для обеспечения необходимых тепловых показателей толщина внешних стен, возводимых из соломенных тюков, должна быть, как минимум, 0,5 метра.

Рассматриваемые приемы позволяют проектировать здания среднего масштаба. Чем выше и крупнее сооружение, тем менее эффективным является использование природного материала, т.е. соотношение внутренних используемых площадей к объёму ограждающих конструкций. Рассмотрим некоторые материалы:

а. «Гео» блоки

Главной особенностью является использование при строительстве местных «гео» ресурсов (земляные блоки или естественный камень). Например, наличие каменных материалов, прежде всего в жарких и засушливых климатических зонах, позволяет добиваться оптимального температурного комфорта. При этом световые проемы в объеме здания имеют минимальные размеры, чтобы избежать перегрева днем или переохлаждения ночью. Наиболее интересными являются технологии возведения зданий из глиняных блоков или заполнения глиной стен, сплетенных из деревянных и соломенных прутьев.

Внешние стены зданий также могут быть набраны и из формованных на месте блоков разных размеров. Самым важным аспектом для достижения необходимого уровня комфорта и энергоэффективности является точность при строительстве и отделке сооружения. За счет точной подгонки глиняных блоков снижается возможность тепловых потерь. Примером такой постройки является школа “Handmade School” в Бангладеше, которую спроектировала архитектор Anna Heringer. Ориентация основных помещений - классов на юг позволяет получать необходимое количество дневного света, а для предотвращения попадания прямых солнечных лучей внутрь помещений служит бамбуковый навес над вторым этажом школы. Кроме приемов, использованных при организации объемно-пространственной композиции школы, в толстой внешней оболочке здания использована улучшенная техника укладки стен, структура которых состоит из заполняемого глиной продольного соломенного каркаса с поперечными связями для лучшей подгонки блоков друг к другу.

При возведении зданий из земляных материалов, кроме разномасштабных блоков используется также другой способ, при котором объем внешних стен набирается постепенно снизу вверх или же используется укладка стен из мешков, наполненных песком. Форма зданий при подобных способах возведения остается оптимизированной и простой, что вызвано как физическими свойствами материалов, так и необходимостью в их эффективном использовании.

б. Соломенные блоки

В последнее время, большое распространение получили постройки, где элементами стен являются соломенные тюки, уложенные друг на друга или заполняющие деревянный каркас. Подобные здания обладают хорошими теплотехническими характеристиками, которые достигаются благодаря большой толщине внешних стен и структуре плотно спрессованной соломы. Главным достоинством в данном случае является относительная дешевизна материала и его экологичность. Одним из специалистов в данной области является архитектор Andrew Morrison, проектирующий, в основном, частные семейные дома в США.

«Соломенные» дома чаще всего представляют собой комбинацию из одноэтажных прямоугольных объемов, покрытых кровлей из деревянных досок, или мелких прутьев. Главным вопросом при строительстве таких зданий является обеспечение пожарной безопасности, которая достигается за счет покрытия стен негорючими растворами. Жилые дома и сооружения, возведенные из «соломы», в основном строятся в сельской местности или в пригородах, имеющих доступ к просторным зеленым полям.

с. Деревянный каркас

Здания, возводимые из дерева – не редкость. Современные строительные технологии позволяют сделать их более долговечными и пожароустойчивыми. Древесина является одним из самых распространенных ресурсов для строительных материалов и конструкций.

Сегодня возведение деревянных зданий предполагает как традиционные способы строительства из дерева, так и усовершенствованные технологии. Например, для экономии древесины в качестве основного массива стены могут использоваться круглые срезы стволов деревьев. Это считается безотходным способом конструирования стен.

Одной из важных тенденций в деревянном строительстве является выращивание лесов, в которых добывается древесина. В отличие от соломенных и глиняных блоков, использование дерева в качестве конструктивного и ограждающего материала позволяет создавать сооружения внушительных масштабов различной типологии. При этом обеспечение необходимого уровня комфорта достигается как за счет высоких теплотехнических свойств самой древесины, ее эстетических свойств, так и за счет объемно-пространственной организации здания.

При использовании приемов, учитывающих традиционные методы возведения зданий, определяющим является наличие того или иного строительного материала на месте строительства. Для обеспечения необходимых показателей комфорта и энергоэффективности архитектурная форма объектов чаще всего остается рационально спланированной и простой, что проистекает из свойств материала. Отметим, что с помощью приемов, при которых осуществляется улучшение методов традиционного строительства, достигается наиболее гармоничная связь архитектурного объекта с окружающей природой, сохраняется архитектурное разнообразие внешнего облика сооружений, что делает традиционные приемы более естественными и экологичными по сравнению с остальными.

Приемы **«Озеленения»** архитектурных сооружений характеризуются тем, что в структуре зданий используются живые растения. В основном, использование зеленых насаждений связано с затенением зданий снаружи и улучшением качества воздуха внутри помещений. В современных проектах растения применяются также, как элемент теплоизоляции внешних стен, и для понижения температуры внутри зданий. Архитекторами, активно пользующимися такими приемами, являются, например: BRT Architekten, Stefan Behnisch, Ken Yeang, Norman Foster (Рис. 4(а-с)).

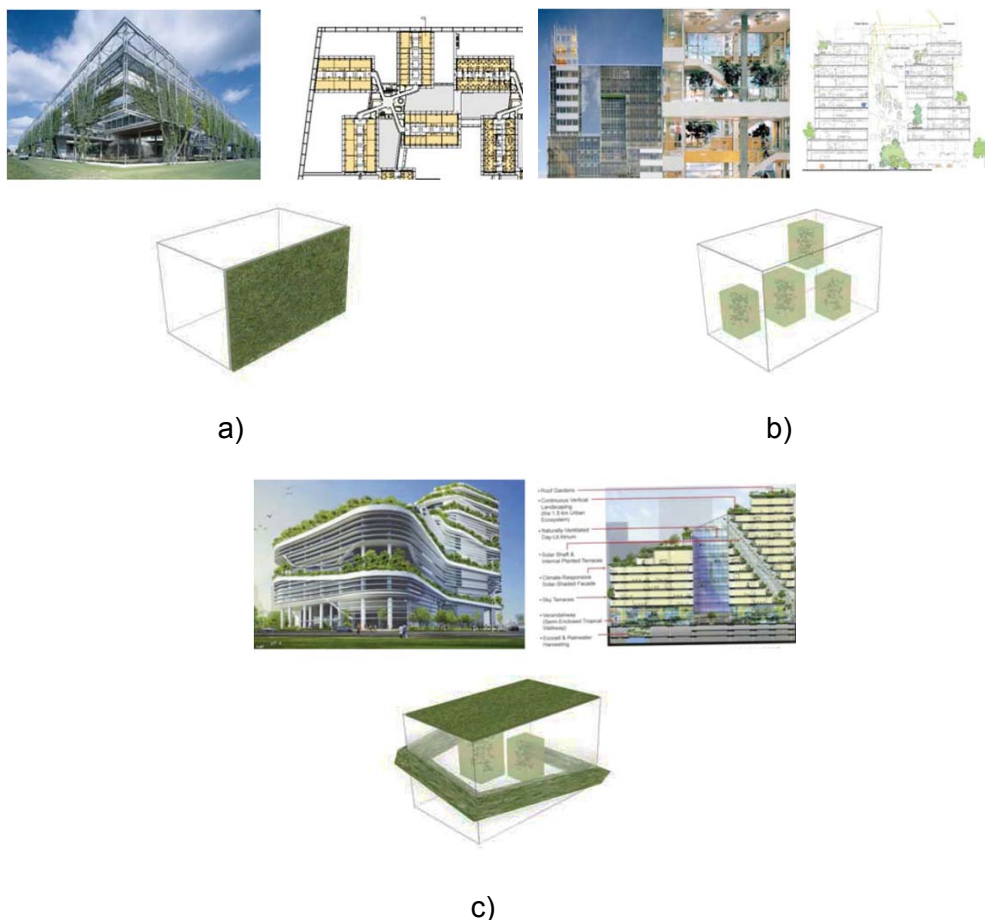


Рис. 4(а-с). Приемы «озеленения» архитектурных объектов: а) внешнего (Пример: Swiss-Re office, Мюнхен, Германия, год 2001; архитекторы BRT Architekten); б) внутреннего (Пример: The Genzyme Center, Кембридж, США, год 2002, архитектор Штефан Бениш); в) смешанного (Пример: Solaris, Сингапур, год 2002, архитекторы Hamzah&Yeang)

По принципу расположения растений относительно объема здания можно выделить три подгруппы «озеленения»:

a. Внешнее

Основным признаком применения внешнего озеленения может быть как посадка зеленых насаждений вокруг объектов, так и внедрение растений в структуру внешних стен. Таким образом, в форму здания включается «живая» зеленая поверхность, либо образуется дополнительное пространство между объемом здания и группами посаженных растений. При этом главным показателем, улучшающим внутренний комфорт, является защита помещений от перегрева и создание затененных пространств.

b. Внутреннее

Применение внутренних зеленых «оазисов» обусловлено большой глубиной объемов зданий. Такой прием чаще всего необходим в общественных, в частности, офисных зданиях. Обычно, пространствами, где имеются растения, являются рекреационные зоны, световые атриумы. Растения положительно влияют на комфорт внутри зданий, понижая температуру и улучшая качество воздуха.

c. Смешанное

При комбинировании внешнего и внутреннего озеленения в объемно-пространственной структуре объектов достигается эффект максимального приближения к живой природе. За счет внедрения растительности решаются проблемы перегрева зданий, возникающие в сухом и жарком климате. Важным условием использования приемов озеленения архитектурных объектов является правильный подбор видов растений. Для затенения внешних поверхностей имеет значение форма кроны деревьев, а для непосредственного интегрирования в фасады зданий используются вьющиеся и ползучие растения.

Приемы озеленения используются также как способ создания «оазисов» в урбанизированной городской среде, а в пригородах создают буферную зону к природному окружению. С точки зрения улучшения комфортных условий применение растений для затенения является наиболее эффективным использованием данного приема. Отметим, что затраты на отопление и охлаждение помещений можно снизить на 20% при грамотном распределении деревьев около объекта.

Зимой деревья без листвы позволяют более слабому дневному свету проникать вглубь помещений, а жарким летом, когда интенсивность солнца больше, листва защищает от перегрева. Однако, искусственно посаженные растения требуют дополнительных финансовых затрат и дополнительных пространств, т.е. данный прием может быть выгоден только в естественном для растений климате и в специально подготовленных для этого местах.

”Топографические” приемы, получили свое название благодаря тому, что архитектурный объем в данном случае полностью или частично встраивается в окружающий ландшафт. В истории архитектуры «вкапывание» зданий долгое время являлось наиболее эффективным способом организации жилища. Примером могут служить «землянки».

Сегодня, в зависимости от контекста, интеграция объекта в ландшафт является достаточно трудоемким процессом, т.к. при тотальной урбанизации подбор места интеграции является непростой задачей. Общая цель использования такого приема заключается в тесной связи архитектурного объекта с окружающей средой и воспроизведении занятого зданием участка на другом уровне. Во многих случаях устройство почвенного покрова на крыше объектов служит хорошей теплоизоляцией и одновременно решает вопросы организации дренажной системы. Проекты с применением «зеленых» кровель встречаются у таких архитектурных групп, как RMJM, Nolaster, архитектора Renzo Piano (Рис. 5(a,b)).



Рис. 5(a,b). Топографические приемы: а) интегрированные (Пример: Becton Dickinson Campus Center, г.Нью-Джерси, США, год 2009, архитекторы RMJM); б) замещающие (Пример: OS House, Кантабрия, Испания, год 2005, архитекторы Nolaster)

Исходя из объемно-пространственных характеристик объекта, данный прием можно разделить на две подгруппы:

а. Интегрированные

Внедрение объема здания в ландшафт является наиболее «щадящим» по отношению к окружению. В современной архитектурной практике подобные проекты сталкиваются с перечнем дополнительных технических и эксплуатационных задач. Обычно 80% объема здания находится под землей, за счет чего снижаются затраты на оформление фасадных поверхностей. Эффективность погружения здания в ландшафт зависит от качества почвенного покрова и наличия рельефа. Интегрированными в ландшафт бывают многофункциональные комплексы, общественные здания типа выставочных залов, а также жилые дома и гостиницы. При использовании данного приема обеспечивается защита от ветра, защита от перегрева и охлаждения.

б. Замещающие

При недостатке зеленых пространств в высоко урбанизированной среде или отсутствии озеленения ландшафта, современные архитекторы активно используют технологические средства, позволяющие озеленять крышу зданий. Иногда, благодаря созданию эксплуатируемой кровли, открывается вид на окружающий ландшафт. Семейный дом, построенный в Испании архитекторами Nolaster на обрыве рядом с морем, позволяет любоваться окружающим ландшафтом благодаря зеленой кровле, а за счет того, что объем дома посажен ниже основного уровня рельефа, он не создает дополнительных визуальных помех.

Использование травяных покрытий вместо традиционных битумных растворов или покрытий из мелких камней все чаще применяется при устройстве не только плоских кровель, но и покрытий под уклоном. Данным приемом можно обеспечить эксплуатацию крыши, а так же защитить внутренние помещения, соприкасающиеся с ней, от перегрева. Основным достоинством использования данного приема является то, что в плотно заселенных и высоко урбанизированных центрах городов существует возможность устройства так называемых «висячих садов». Этот приём используется в густонаселенных городах в США. Замещающая функция заключается в том, что на кровле архитектурного объекта искусственно воссоздается тот участок земли, который занимает объем здания.

В современной практике устройство травяных покрытий на крыше объектов является достаточно трудоемким процессом, предусматривающим установку многослойной структуры с хорошей гидроизоляцией и конструкцией для укладки почвы. Обычно укладка производится из сегментов, способных принять любую форму поверхности крыши.

Нужно отметить, что зеленая кровля не обеспечивает высокую энергоэффективность объекта, за исключением тех случаев, когда здание интегрировано в рельеф с юга и защищено от северных ветров.

”Солнечные” приемы используются при проектировании зданий, в которых энергия солнца является основным источником тепла и света. В данном случае, форма здания видоизменяется для получения максимально большого количества солнечной энергии. В XX и XXI веке энергия солнца, кроме основного ее применения – инсоляции помещений, используется как источник тепловой энергии и электричества. В связи с тем, что климат местности и все живые организмы находятся в прямой зависимости от солнца, взаимодействие архитектурной формы с ним – одно из определяющих условий комфорта.

Такие архитекторы как Peter Kuczia, The Kubala Washatko Architects, Thomas Herzog, проекты которых приведены в классификации, используют солнце как основной формообразующий фактор. На данный момент известны пассивные и активные способы учета солнечной энергии (Рис. 6(a,b)).

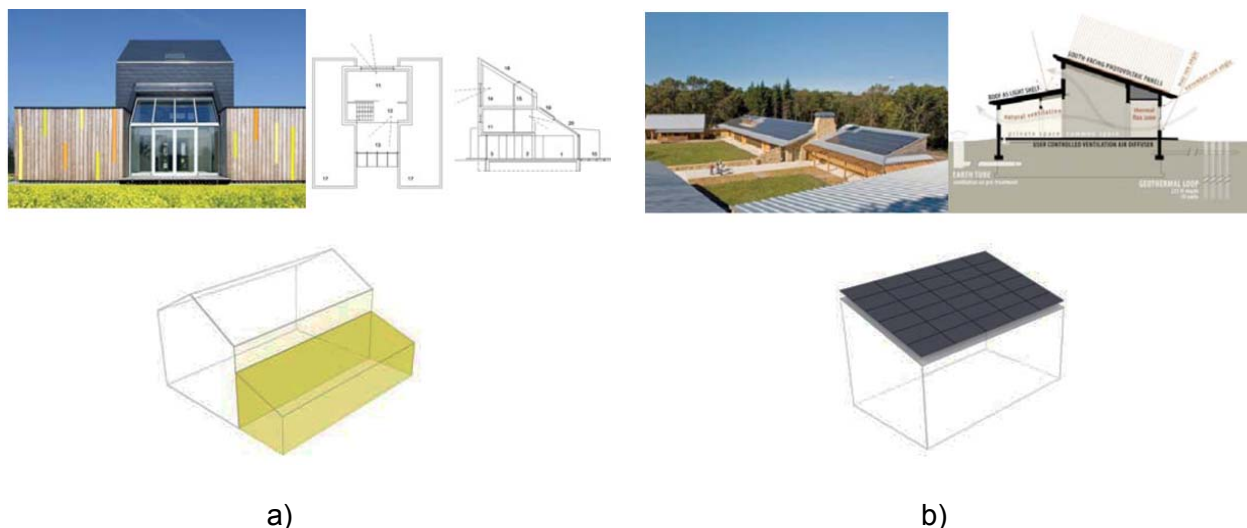


Рис. 6(a,b). Солнечные приемы: а) активные (Пример: CO2 Saver House, о.Лака, Польша, год 2007, архитектор Петер Кучиа); б) пассивные (Пример: Aldo Leopold Legacy Center, Висконсин, США, год 2007, архитекторы the Kubala Washatko architects)

а. Пассивные

Самым главным приёмом при пассивном использовании солнца является ориентация объемно-пространственной структуры объектов на захват солнечных лучей. Кроме соотношения открытых и закрытых поверхностей для получения солнечной энергии, существует возможность установки «гелиотеплиц», массивных стен, темных поверхностей или стен «Тромба». Так можно достигать достаточной инсоляции и необходимого количества тепла в помещениях.

В проекте семейного дома, построенного в Польше архитектором Peter Kuczia, темные поверхности внешних стен второго этажа и зимний сад на первом этаже практически полностью обеспечивают обогрев дома в холодные периоды. Ключевую роль в формообразовании объектов играет угол падения солнечных лучей, т.е. географические параметры широты и долготы места проектирования. Ближе к экватору нарастает

тенденция защиты от солнечных лучей и перегрева, в объектах появляются навесы, выпуски кровель и затеняющие элементы.

Немецкий архитектор Томас Герцог является ведущим специалистом в области «солнечной» архитектуры. В его осуществленных проектах жилых, общественных зданий и целых городов, каким является город Линц (Германия, зона умеренно-континентального климата), в полном объеме исследованы принципы пассивного использования солнечной энергии. Приемы пассивного использования солнца являются одними из первостепенных при обеспечении энергоэффективности и комфортных условий.

b. Активные

Принципиальным отличием данного приема является преобразование энергии солнца в тепловую энергию и электричество. Активно использовать солнечную энергию возможно при помощи солнечных коллекторов, фотоэлектрических панелей и других установок, улавливающих прямые солнечные лучи. Данные устройства позволяют транслировать энергию солнечных лучей через генераторы или водяные коллекторы в помещения для их обогрева. При помощи фотоэлектрических панелей можно делать здания независимыми от внешних электросетей. Для наиболее эффективной работы подобных систем форма здания, т.е. углы наклона поверхностей крыши, на которых устанавливаются и фотоэлектрические и фотогальванические батареи, обычно должны быть близки к перпендикулярам по отношению к углам падения солнечных лучей. Кроме статичных установок существуют и автоматизированные, способные отслеживать ход солнца в течение суток. Рынок производства солнечных установок расширяется, и технологии совершенствуются быстрыми темпами. Относительно высокие цены на оборудование жилых домов и общественных зданий небольшими «солнечными» установками, являются временным явлением.

Говоря о пассивном и активном использовании солнца можно отметить, что сегодня эти приемы используются как в городе, так и вне урбанизированной среды при наличии достаточного количества солнечных дней в году. Второе, не менее важное условие – правильная ориентация объема сооружения. Только за счет энергии солнца здание можно обеспечить необходимой энергией и сделать его полностью автономным, обеспечить в нем необходимый внутренний комфорт.

Сложнейшие принципы объемно-пространственной организации зданий выражают **“Биомиметические”** приемы проектирования. Биомиметика – это одно из направлений науки, которое в переводе с английского означает “подражание миру природы”. Схожим термином является “бионика”.

В архитектурной практике заимствование принципов и форм у живой природы происходит очень часто. Одним из ярких исторических примеров может служить творчество Антонио Гауди, где живая природа интерпретируется в сложные архитектурные формы. Для достижения высоких показателей энергоэффективности, устойчивости конструктивных систем и архитектурной выразительности часто используются принципы адаптации живых организмов к окружающей среде. “Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки, например у широко распространенного «морского уха», состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок. Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше” [5].

Такие принципы являются новым этапом в сфере строительных материалов и конструкций, а также сопровождаются достаточно сложным процессом материализации подобных идей. Чаще всего из природы заимствуется форма или принцип жизнедеятельности живых организмов. На примерах проектов таких архитекторов как Марио Кукинелла, Томаса Герцога, Надау Малина можно отследить два эти приема (Рис. 7(a,b)).



Рис. 7(a,b). «Биомиметические» приемы: а) подобие формы (Пример: CSET центр исследования природы, г. Нагбо, Китай, год 2008, архитектор Марио Кукинелла); б) принцип биоустройства (Пример: Two Family House, г. Пулах, Германия, год 1989, архитектор Томас Герцог)

а. Подобие формы

В данном случае формальный подход к пониманию мира живой природы переносится на оболочку зданий, объемно-пространственную структуру и конструктивную систему объектов. Например, в проекте «Центра исследований Природы» в г. Нагбо архитектора Марио Кукинеллы, прослеживается сходство объема здания со структурой травинки. Однако данное подобие не ограничивается только формой изгибающегося объема.

Ориентация здания и его помещений на юг, структура фасадной двойной оболочки, пронизывающей по вертикали атриум, и дополнительные технологические системы, а так же ряд других особенностей, позволяют обеспечить высокий комфорт с минимальным потреблением энергии. Хорошо интегрированная в окружающий природный ландшафт композиция, напоминающая травинку, имеет сложную внутреннюю структуру, объединившую инженерные системы, конструкции и эстетические характеристики.

Современные архитектурные проекты все реже становятся лишь формальным повторением очертаний природы (что приводит к появлению лишних нефункциональных пространств). Очень часто из живой природы заимствуются принципы многослойности, стержневой структуры, сложных переплетенных связей разного рода. Скачком на новый уровень считается создание действительно «живых» элементов зданий, способных самовосстанавливаться и самовырачиваться.

б. Принцип биоустройства

Вторая подгруппа «биомиметических» приемов является одним из новых направлений в архитектурной практике. Определяющим в ней является детальный анализ работы живых организмов приспособленных к жизни в условиях, в которых проектируется здание. Таким образом, выявляются принципы эффективной работы, позволяющие адаптировать здания к окружающей среде. Осмысленные признаки переносятся на работу конструктивных и инженерных систем, оболочку здания, определяют функциональные зоны и объемно-пространственную организацию сооружения.

В отличие от предыдущей группы, данные приемы не предполагают переноса очертаний и силуэтов живой природы в архитектурный объем. Отдельные элементы или части внешних поверхностей объекта, материалы, из которых они собраны, приобретают свойства,

качественно улучшающие их базовые характеристики. Так, например, архитектор Томас Герцог в проекте очень узкого жилого дома для накопления и удержания солнечной энергии использовал в южной стене панели «Тромба».

Подобным свойством удержания тепла на поверхности своей кожи между фактурным слоем и тонкой прозрачной пленкой обладает и лягушка, обитающая в данной местности. Использование подобных приемов требует обширных знаний, как биологии, так и физических свойств строительных материалов и конструкций. При этом необходимые комфортные условия достигаются наиболее эффективным образом. С точки зрения объемно-пространственной организации здания особую роль приобретают параметры, наиболее рационально удовлетворяющие созданию комфортных условий.

Одними из наиболее экологичных и ресурсосберегающих являются приемы с **повторным использованием** строительных материалов (recycled materials) и конструкций, а также и целых объемов зданий. Подобные приемы часто применяются в зонах с экстремальными природными условиями для ускорения процесса строительства и снижения загрязнения окружающей среды.

Проекты с повторным использованием материалов разделяются на две категории. В первой они являются вынужденной мерой по преодолению жестких условий окружающей среды. Во второй – желанием учесть экологическую парадигму и создать архитектурные объекты с высокой степенью энергоэффективности. В своих постройках Luis de Garrido и Mike Wilde, использовали «альтернативные» строительные материалы и элементы.

Подобные проекты можно отнести к двум подгруппам, отличающимся по признаку размера конструктивных элементов (Рис. 8(a,b)).

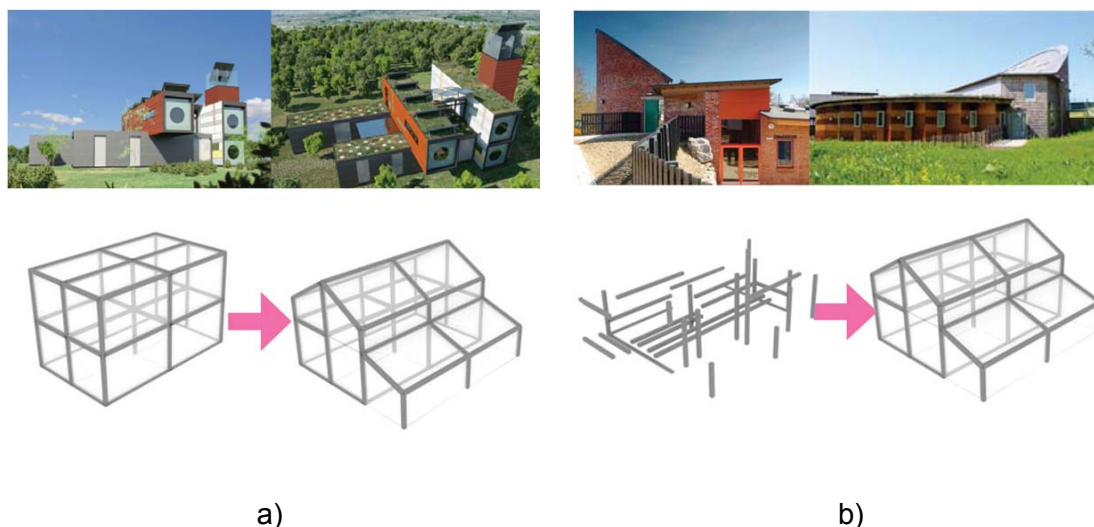


Рис. 8(a,b). Приемы повторного использования конструкций и материалов: а) вторичных объемных элементов (Пример: R4 House, Испания, год 2007, архитектор Луис де Гарридо); б) восстановленных материалов (Пример: ECO-Centre, г. Кокемаут, Англия, год 2007, архитектор Майк Вильде)

а. Вторичные элементы

Очень часто крупные элементы или целые объемы зданий подвергаются модернизации и используются в новом качестве. Они приобретают дополнительное или новое функциональное назначение. Форма архитектурного объекта в данном случае зависит, в основном, от первичного элемента. Например, под жилые дома адаптируются строительные вагончики или контейнеры для перевозки судовых грузов.

Подобные объемы могут компоноваться в многоуровневые дома, имеющие все удобства для существования, иногда с насыщением альтернативными энергетическими системами. Например, архитектор Luis de Garrido спроектировал целую серию таких домов. Для обеспечения оптимального уровня комфорта и доведения его до ранга постоянного, а не временного жилища, в эти дома внедрены практически все современные технологии, поддерживающие производство альтернативной энергии.

В основном, здания, собранные из элементов, применявшихся в другом качестве, становятся социальным или студенческим жильем, т.к. экономия средств и фактор временного пребывания в таком доме также учитываются.

b. Восстановленные материалы

Закрепившийся термин «recycled materials» предполагает, что в качестве конструктивных элементов используются мелкоштучные, уже когда-то использованные кирпичи, металлические балки, или переработанные из экологически чистых отходов материалы. Применение данного приема осуществлялось, например, в 70-е годы в Германии при строительстве жилых районов из оставшихся конструктивных элементов от разобранных фабрик.

Современные архитекторы, озабоченные еще больше сохранением окружающей среды, продолжают данную традицию. Например, в качестве утеплителей зданий используются такие материалы, как остатки одежды, картон или другие вышедшие из употребления вещи. За счет подобных методов достигается экономия средств на строительные материалы, а также уменьшается загрязнение окружающей среды, так как происходит утилизация выброшенных строительных материалов и элементов. Повторное использование материалов целесообразно там, где имеются их излишки. Очень часто это бывает выходом из сложных финансовых ситуаций при строительстве, для организации быстрого возведения недолговечного жилья.

Достижение энергоэффективных показателей осуществляется традиционными способами и требует внимательного контроля за распределением ресурсов. Обеспечение комфортных условий связано, в основном, с эстетическими характеристиками повторно употребляемых материалов. Во многом данные приемы являются специфическим архитектурным решением.

Приемы **”Трансформирования”** применяются в зданиях как фрагменты внешних стен или как объемные элементы, способные, при необходимости, перемещаться и модифицироваться. Целью использования данных приемов является получение максимального количества вариантов пространств и конструкций для эффективного использования архитектурного объекта в разные временные периоды. Главным параметром при данной трансформации является открытость или закрытость объема здания, а так же совмещение или разъединение функциональных зон.

В проектах чилийских архитекторов James & Mau, словенского бюро Arhitektura d.o.o. Бостана и Петера Габриельчичей, английского бюро dRMM, чилийского архитектурного бюро Elemental Алехандро Аравены присутствуют приемы трансформации, которые можно разделить на две подгруппы (Рис. 9(a,b)).

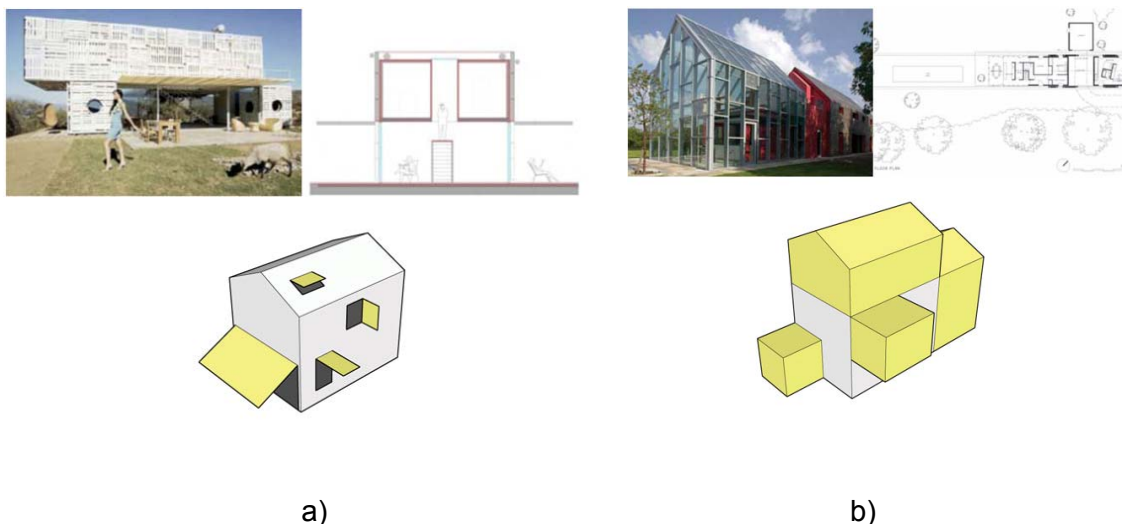


Рис. 9(a,b). Приемы трансформирования архитектурных объектов: а) активной оболочки (Пример: Manifesto House, г. Куракави, Чили, год 2009, архитекторы James&Mau); б) целого динамического объема (Пример: Sliding House, г. Суффолк, Великобритания, год 2009, архитекторы dRMM)

а. Активная оболочка

Самым распространенным случаем трансформации оболочки здания являются открывающиеся оконные ставни. В зависимости от желаемого уровня освещенности внутренних пространств солнечным светом, в фасадную оболочку здания интегрируются открывающиеся элементы, которыми можно управлять как механическим способом, так и автоматизированными установками. Подобные элементы, а также гаражные ворота или раздвижные стены, преобразуют объем здания из закрытого в открытый, позволяют трансформировать его внешнюю оболочку.

Обычно здания с активной оболочкой сформированы из постоянного статичного «ядра», состоящего из технических помещений, санузлов, блоков с коммуникациями, ограниченными статичными элементами стен, а вокруг них формируются трансформирующиеся перегородки и внешняя оболочка здания.

б. Динамический объем

Проекты, в которых происходит количественное уменьшение или увеличение объема здания, используют динамичное изменение части или всей объемно-планировочной структуры сооружения. Одним из таких зданий является семейный жилой дом, построенный в Англии бюро dRMM. Дом сформирован из двух статичных объемов: зимнего сада и основного дома, и оболочки, перемещающейся между ними.

В зависимости от пожелания жильцов дома внешняя оболочка дома — «чехол» передвигается и меняет внутренне пространство. Данный прием позволяет достигать большей вариативности использования пространств, а так же позволяет обеспечить оптимальные тепловые показатели внутри помещений. В жаркую погоду возможно затенение, а в холодные времена года — раскрытие оболочки для получения солнечного тепла.

Трансформация объемно-пространственных элементов, с точки зрения универсальности использования пространства, является наиболее эффективным приемом. Экономия пространства достигается за счет создания гибкого роста или, наоборот, уменьшения объема в зависимости от необходимости адаптации структуры здания. Во многом внешний вид оболочки здания определяет облик всего сооружения. Связь внутренних помещений с

внешним окружением происходит непосредственно через фасады. Исследования, направленные на изучение эстетических и физико-технических свойств оболочек зданий, являются одними из самых распространенных в современной архитектурной практике.

Здания, использующие **приемы сборных конструкций**, отличаются от остальных групп технологией возведения сооружений, строительство которых происходит в короткие сроки и предполагает сборку из заранее изготовленных элементов разного масштаба.

В основном, подобные здания проектируются для труднодоступных географических районов или в целях ускорения процесса строительства. На примерах осуществленных проектов таких архитектурных групп, как MYCC и Douglas Gauthier, выделяются две подгруппы сборных зданий (Рис. 10(a,b)).

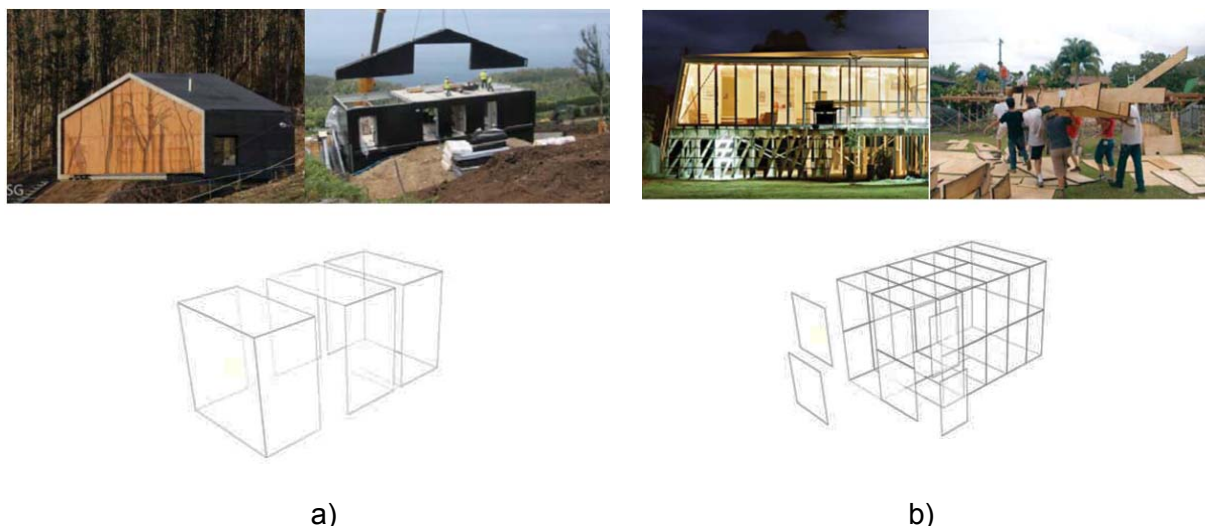


Рис. 10(a,b). Приемы сборки объектов: а) фабричные (Пример: Prefabricated, г. Кадейра, Испания, год 2010, архитекторы MYCC); б) по принципу «пазл» (Пример: Burst 008, Нью-Йорк, США, год 2008, архитекторы Джереми Эдмистон и Даглас Готиер)

а. Фабричные

Осуществление основной части сборки вне участка строительства, т.е. на фабрике, предоставляет возможность перед эксплуатацией протестировать здание и его элементы. Тем самым во многом можно избежать издержек «стройки», которые иногда оказываются довольно неблагоприятными для окружающего контекста. Обычно такими зданиями являются небольшие объекты, которые можно транспортировать целиком или собирать из модульных частей. Модули бывают заранее оснащены базовым оборудованием и инженерными системами. В основном, модульная сборка зданий производится для организации жилья или временного пребывания людей.

Главным свойством фабричной сборки является скорость строительства, при которой наносится наименьший ущерб окружающей среде. Предполагается, что здания, собранные из крупных модулей заранее, могут быть протестированы в производственных условиях на воздействие природных факторов, конструктивную устойчивость и функционирование инженерного обеспечения.

б. Принцип «Пазл»

Вторым типом сборки зданий является подход, при котором заранее промаркированные элементы собираются по инструкции на месте в очень короткий срок. Такие проекты могут иметь достаточно сложную объемно-пространственную структуру и удовлетворять практически всем условиям окружающей среды. В основном это павильоны или

выставочные пространства. К подобным структурам можно отнести и здания, собранные из панелей и других мелкоштучных элементов.

В современной архитектурной практике проектирование таких сооружений связано, прежде всего, со спецификой автоматизированного производства на месте строительства. Для сборки сложных структур, состоящих из большого количества различных элементов, возможно использование робототехники, что повышает точность и скорость сборки.

Преимущество сборных конструкций заключается в их универсальности. Использование как фабричных, так и «пазл» структур осуществляется, главным образом, в условиях с менее развитой инфраструктурой и в местах с трудной доступностью, и иногда является единственным решением для строительства.

”Технологичные” приемы характеризуются использованием технологических систем.

Акцент в проектировании делается на использовании максимального количества технологических систем, что не является обязательным в других выделенных группах приемов (Рис. 11(а-с)).

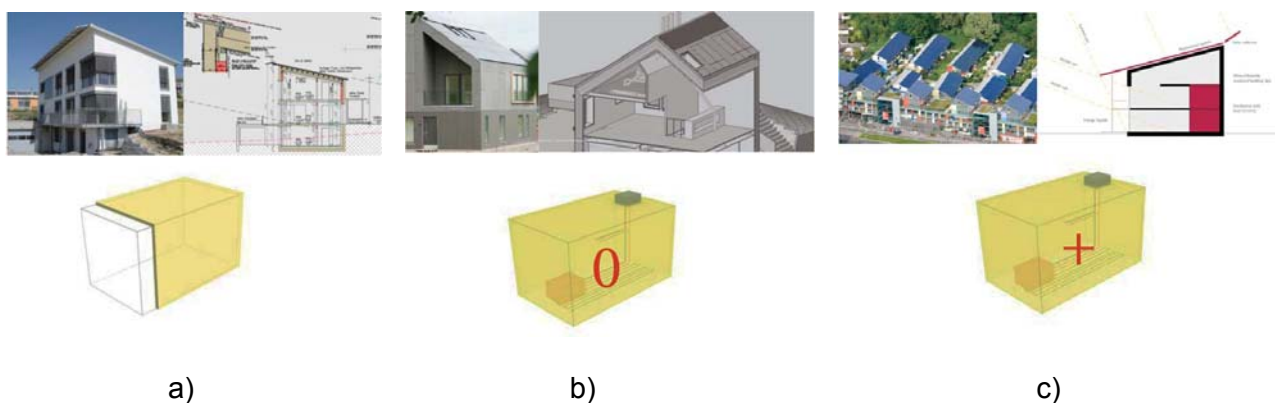


Рис.11(а-с). «Технологичные» приемы: а) малозатратные (Пример: Дом Шертлер, г.Ульм, Германия, год 2004, архитектор Мартин Эндхардт); б) автономные здания (Пример: Energy Flex House, г. Тааструп, Дания, год 2009, архитекторы Датского Технологического Института); с) энергетические станции (Пример: Sun Ship, г. Фрайбург, Германия, год 2006, архитектор Рольф Диш)

В современных зданиях используются технологические устройства для охлаждения, вентиляции, нагрева воздуха. Используются так же устройства, оптимизирующие расход потребления воды и электричества.

В проектах архитектора Мартина Эндхардта, Датского Технологического Института, Henning Larsen Architects, архитектора Rolf Disch и Технологического Университета Драмштадта в объемно-пространственную структуру здания интегрированы технологические устройства. Во многом характеристики подгрупп «технологических» приемов отвечают уровням энергоэффективности зданий. Однако данные приемы больше относятся к технологическим средствам, чем к приёмам, определяющим архитектурную форму.

а. Малозатратные

Необходимый тепловой комфорт, в основном, можно осуществлять за счет герметичной оболочки здания и расположения функциональных зон помещений соответственно потребности в естественном освещении. В дополнение к этому в зданиях устанавливаются счетчики расхода воды и электричества.

Применение энергосберегающих бытовых приборов и ламп на несколько процентов снижает

расход электроэнергии. Для снижения тепловых потерь устанавливаются двойные или тройные стеклопакеты. При рациональном использовании минимального количества технологических устройств, энергетическая эффективность объекта значительно повышается, что может быть эквивалентно 50 кВтч/м² в год.

б. Автономные

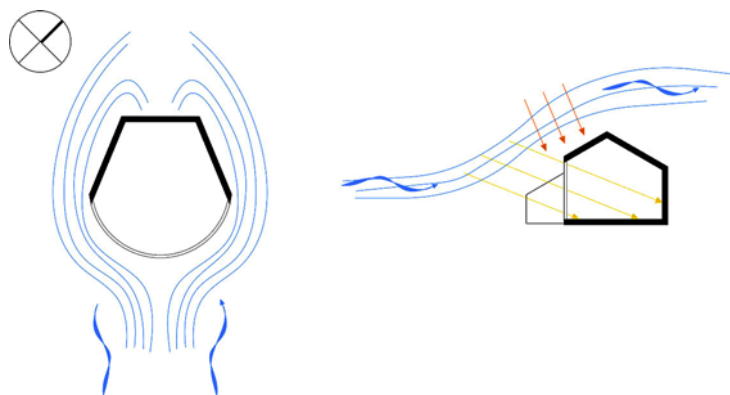
Проекты зданий, предполагающих полную или частичную независимость от городских энергетических сетей, довольно редко встречаются в реальном мире, но становятся все более востребованными. При полной автономии здания необходимо учитывать практически все природно-климатические факторы, а так же активно использовать альтернативную энергетику. Данный подход требует дополнительные технические помещения, в которых накапливается и перерабатывается необходимая энергия.

с. Энергетические станции

Случаи, когда здания сами вырабатывают энергию и при этом являются автономными, встречаются на практике крайне редко. В основном такими бывают специальные сооружения, предназначенные для выработки электричества или тепла. В жилых домах внедряются «энергетические коробки», т.е. технические помещения, обслуживающие системы с альтернативными источниками энергии и управляющие всем энергопотреблением в доме, включая расход воды и качество воздуха. Выработка энергии непосредственно в жилом доме осуществляется при совмещении технологических устройств и объемно-пространственных характеристик объекта.

Современные технологические средства стремятся к универсальности применения в любой среде. Интенсивность их использования определяется природно-климатическими факторами и объемно-пространственными характеристиками объекта. Оснащение технологическими средствами зданий успешно решает проблему их энергетической эффективности.

В проведенной классификации выявились три принципиальных подхода при учете природно-климатических факторов. В первом - условия окружающей среды учитываются за счет формы и архитектурных элементов здания. Во втором – учет внешних факторов производится только при помощи технологического оснащения, архитектурная форма в этом случае остается максимально эффективной коробкой. Третьим, самым сложным подходом, является объединение и совместная работа архитектурной формы и технологических систем. Именно таким образом достигается максимальная энергоэффективность и архитектурная выразительность объекта (Рис. 12(а-с)).



а)

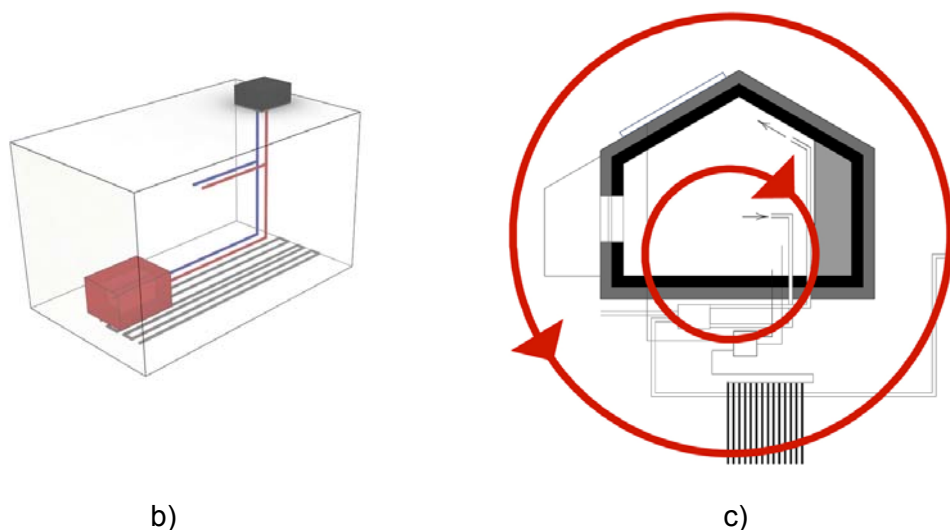


Рис. 12(а-с). Три подхода при учете природно-климатических факторов: а) работа формы и структуры; б) технологическое оснащение; с) технологии плюс архитектура

Приведённая в данной статье матрица, собранная из примеров современной архитектуры, классифицированных по способам учёта климатических и природных характеристик районов проектирования и степени энергоэффективности зданий, представляет также интерес для выявления взаимосвязи архитектурной формы с окружающей средой, реакции архитектуры на объединение традиционных проектных приемов с высокотехнологичным оснащением современного здания, обеспечивающих вкпе экологическую безупречность и комфорт архитектурной среды.

В начале XXI века своеобразным mainstream движением стала борьба за экологию и здоровье общества в целом. «Устойчивое» развитие или точнее «Sustainable Development» – одно из ключевых понятий, встречающихся во всех сферах человеческой деятельности, является определяющим и в архитектурной сфере. Архитекторы, идущие «в ногу со временем» работают в контексте всеобщей мировоззренческой парадигмы, где экология рассматривается как условие сохранения жизни на планете Земля.

Искусственная среда обитания человека оставляет материальный след на земле. Здания участвуют в глобальном изменении природы и климата, и это заставляет архитекторов изобретать новые подходы и приёмы возведения зданий, способных функционировать в согласии с окружающей средой.

Литература

1. Klaus D., Low-Tech Light-Tech High-Tech, Basel-Boston-Berlin, Birkhauser Publishers, 2000.
2. Белоголовский В., Green House, М.: Tatlin Publishers, 2009.
3. Табунщиков Ю.А., Энергоэффективные здания, М.: АВОК-ПРЕСС, 2003г.
4. Quartino D.S., Small Eco Houses, Barcelona, 2010.
5. Raimund Gutmann, solarCity Linz-Pichling–Sustainable City Development, [Электронный ресурс]. - URL: www.solarcity.linz.at
6. Yeang K., Ecodesign: Manual for ecological design, London, 2008.

7. Tobias B., The plusenergy house for every community. – Freiburg: Buro Rolf Disch, 2010.
8. Оболенский Н.В., Архитектурная физика – М.: Архитектура-С, 2007.
9. Obućina M., Energetski efikasna kuća, šta je to? [Электронный ресурс]. - URL: www.efikasnost.com/2010/05/19/energetski-efikasne-kuce
10. SKAT , Climate responsive Building, [Электронный ресурс]. - URL: <http://nzdl.sadl.uleth.ca/cgi-bin/library>
11. Погонин А.О., Особенности формирования энергоэффективных автономных жилых зданий. [Сетевой журнал]. – URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/4kvart10/pogonin/abstract.php>

References

1. Klaus D. Low-Tech Light-Tech High-Tech. Basel-Boston-Berlin, 2000.
2. Belogolovskij V. Green House. Moscow, 2009.
3. Tabunshnikov Ju.A. *Jenergojeffektivnye zdanija* [Energy-efficient buildings]. Moscow, 2003.
4. Quartino D.S. Small Eco Houses, Barcelona, 2010.
5. Raimund Gutmann. SolarCity Linz-Pichling–Sustainable City Development. Available at: www.solarcity.linz.at
6. Yeang K. Ecodesign: Manual for ecological design. London, 2008.
7. Tobias B. The plusenergy house for every community. Freiburg, 2010.
8. Obolenskij N.V. *Arhitekturnaja fizika* [Architectural Physics]. Moscow, 2007.
9. Obućina M. Energetski efikasna kuća, šta je to? Available at: www.efikasnost.com/2010/05/19/energetski-efikasne-kuce
10. SKAT. Climate responsive Building. Available at: <http://nzdl.sadl.uleth.ca/cgi-bin/library>
11. Pogonin A.O. *Osobennosti formirovaniya jenergojeffektivnyh avtonomnyh zhilyh zdanij* [Features of formation of the power effective autonomous residential buildings]. Available at: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/4kvart10/pogonin/abstract.php>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

М.З. Стаменкович

Аспирант, кафедра «Архитектуры жилых зданий», Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, Россия
e-mail: arh.stamenkovic@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

M. Stamenkovic

Post-graduate student, chair "Architectural Planning of Dwelling Houses", Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia
e-mail: arh.stamenkovic@gmail.com