

УДК 728.004.18

аспирант **Моради Пур Омид**,**ББК 85.113** *Кафедра Основ архитектуры и архитектурного проектирования**Киевского национального университета строительства и архитектуры**научн. руков.: канд.арх, доц. Семка С.В.*

АНАЛИЗ ОПЫТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ ЖИЛЬЯ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ

Аннотация.

В статье рассмотрены истоки развития энергосбережения в мире на конкретных примерах отечественного и зарубежного опыта. В хронологической последовательности проанализированы этапы становления архитектуры энергоэффективных зданий в тесной взаимосвязи с соответствующими технологиями, существовавшими в тот или иной период. На основе проводимого в работе анализа выявлены основные тенденции перспективного развития энергосбережения на ближайшие десятилетия.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; комплексное энергосбережение; альтернативная энергия; солнечные жидкостные батареи; гидроэлектростанции; тепловая энергия; геотермальные источники.

Возобновляемые источники энергии (альтернативные, нетрадиционные) являются непрерывно возобновляемыми источниками энергии в биосфере Земли. Невозобновляемые (традиционные) источники энергии это природные запасы сырья, веществ и материалов, которые используются человеком для производства энергии и тепла (ядерное топливо, уголь, нефть, природный газ). Энергия получаемая из невозобновляемых источников находится в природе в связанном состоянии и высвобождается в результате целенаправленной деятельности человека (добычи, транспортировки, переработки). В 1978 году Генеральной Ассамблеей ООН (резолюция 33/148) были введены понятия новые и возобновляемые источники энергии; к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии относятся: энергия биомассы: отходы (лесного комплекса, сельскохозяйственные, жидкие и твердые коммунально-бытовые и промышленные отходы); торф; энергия ветра; энергия солнца; энергетические плантации, древесно-кустарниковая и травянистая растительность, технические сельскохозяйственные культуры); энергия водных потоков на суше (гидроэлектростанции, линии ГЭС, микро-ГЭС мощностью до 1МВт); гидротермальные и парогидротермальные источники (залегające на глубине или самоизливающиеся на поверхность); высокопотенциальная и среднепотенциальная геотермальная энергия (энергия тепла земли); энергия морей и океанов: приливы и отливы, энергия течений и волн; сухие глубоко

залегающие горные породы; низкопотенциальная тепловая энергия (почвы и грунта, помещений и зданий).

Возобновляемые энергетические ресурсы по происхождению можно разделить на две большие группы: естественные и искусственные. К естественным относятся энергия солнца, ветра, гидроэнергия, геотермальная (энергия земли), приливов, биомассы и низкопотенциальная тепловая энергия воздуха, водоёмов, поверхностных грунтов. Искусственные – это потери энергии на производстве и отходы, образующиеся в технологических процессах, использующих возобновляемые энергетические ресурсы и получаемые в процессе жизнедеятельности.

В настоящее время в Украине и Иране выработка электроэнергии малыми и нетрадиционными установками составляет около 1%, от общего объема производимой электроэнергии, что критически мало по сравнению с развитыми странами Европы. В то время как в этих странах имеется огромный ресурсный потенциал для развития возобновляемой энергетики (малые и микро-ГЭС, геотермальная энергия, биомасса, ветровая, солнечная энергия и низкопотенциальное тепло). Так, например, в Украине для размещения фотоэлектрических установок и ветровых установок наиболее благоприятными являются южные обрести государства и побережье Черного моря. Фотоэлектрические установки в Иране наиболее благоприятны для строительства в городах, размещенных в районах с сухим жарким климатом (а также в зонах пустынь и полупустынь): Керманшах, Мешхед, Исфахан, Шираз. Районами для эффективного использования ветровой энергии с размещением соответствующих ветровых установок можно считать все прибрежные провинции государства, где активизируются ветровые потоки – в районе Персидского залива, Аравийского и Каспийского морей (в том числе и столицы Тегерана с размещенным вблизи города-спутника Кередж). Возможность использования микро-ГЭС имеется практически на всей северо-западной территории Ирана, где есть возможность использовать энергию многочисленных полноводных рек (особенно в весенний период). Наиболее перспективными районами для использования геотермальной энергии является юг страны и регион Южного Кавказа. Иран является крупнейшим производителем сельскохозяйственной продукции, поэтому во всех регионах страны есть значительный потенциал производства биомассы – отходов животноводства и растениеводства, а также отходов лесозаготовки и деревообработки (в основном в районе Южного Кавказа), твердых бытовых отходов и т.п. Практически неисчерпаемы ресурсы низкопотенциального тепла, содержащиеся в воздухе, земле и воде, и которые могут быть использованы при помощи тепловых насосов.

1. Особенности низкопотенциальной тепловой энергии.

Низкопотенциальная тепловая энергия является наиболее распространенной в природе и в техногенном мире, но наука до конца еще не разработала совершенных методов сбора и хранения подобной энергии. Её источником является окружающая среда: наружный и отводимый воздух, почва, морская, речная и озерная вода, грунтовые воды, тепло канализаций, утилизированное промышленное тепло. Извлекают энергию из низкопотенциальных источников при помощи тепловых насосов. Тепловые насосы откачивают тепло из источников тепла и передают его на радиаторы жилого дома. Однако стоимость такого оборудования значительная, а эффективность пока еще не высокая.

Принцип действия теплового насоса аналогичен работе холодильника: его радиатор работает обогревателем, а «холодильная камера» находится в условиях низкопотенциального тепла. Если жилой дом оборудовать воздушным тепловым насосом, то за год это даст более 65% экономии тепла, поскольку удельное потребление энергоресурсов на подобных объектах по сравнению с обычными зданиями составляет от 15 до 50%. Использование тепловой энергии грунтов в Иране позволит сократить более чем вдвое её затраты на теплоснабжение децентрализованных потребителей тепла (жилые дома малой и средней этажности). Важным также является тот факт, что использование геотермальной энергии не оказывает особого влияния на архитектурно-планировочную организацию здания и является самым дешевым и наиболее популярным в зарубежной практике способом использования аккумулированной в почве энергии.

2. Использование энергии солнца.

По мнению многих зарубежных и отечественных ученых энергия солнца является одним из самых перспективных, долгосрочных и многообещающих источников энергии. Большое количество современных научно-исследовательских работ в области энергосбережения жилья основной упор делают именно на солнечную энергию. Вопросы инсоляции помещений и максимального использования энергии солнца в архитектуре рассматривались задолго до древнейших времен. Так Сократ предложил идею «солнечного дома», в котором эффективно использовалось зимнее солнце и исключалось прямое попадание солнечного света с южной стороны летом. Наиболее активно заговорили о солнечных домах в 40-х годах XX века, когда увеличилась возможность сплошного остекления внешних ограждений. Впервые плоский солнечный коллектор был использован при проектировании экспериментального жилого дома в Массачусетском Технологическом Институте (MIT-1) в 1939 г. Солнечные жидкостные коллекторы были заполнены водой, занимали площадь 37 м², были установлены на солнечной

стороне крыши (под углом 30°) над жилым домом общей площадью 50 кв.м.. Этот экспериментальный проект позволил впервые выявить недостатки солнечного обогрева: поломка коллекторов при тепловом расширении, несовершенство стоярки, течь водяных баков, большая стоимость и недостаточное утепление накопительных аккумуляторов.

С этого проекта практически начинается эпоха использования солнечной энергии в энергоэффективном жилье. Многие ученые оценили перспективность этого направления и один за другим начали появляться экспериментальные и конкурсные проекты, которые методично оттачивали технологию оборудования и особенностей эксплуатации солнечных аккумуляторов. Так, например, система с воздушными коллекторами и гравийными аккумуляторами (Боулдеровский жилой дом) впервые была применена в 1945 году в Боулдер-Хаузе. Аккумулирование тепла в доме происходит в гравийном аккумуляторе (5 метров кубических), а обогрев помещений осуществляется равномерным распределением горячего воздуха, что позволяло сократить расходы на отопление на 25%. Химический аккумулятор, заполненный сульфатом натрия, был впервые использован в построенном в 1948 году в городе Доувере (штат Массачусетс, США) в двухэтажном жилом доме (площадью 135 кв.м) с вертикальными воздушными коллекторами на южной стороне дома.

На основании новых научных исследований в 1948 г. при Массачусетском технологическом институте был построен третий (из четырёх) «солнечный дом», площадью 56 кв.м., который имел на южной части крыши, размещенный под углом 30° , жидкостный водяной коллектор (площадью около 37 кв.м.). Вместе с размещенным на чердаке дома водяным аккумулятором эта система солнечного обогрева составляла около 50% экономии от всех затрат на отопление по дому.

В 1954 году архитекторы Блисс и Денован впервые построили дом («дом Блисса», город Амадо штат Аризона), в котором обогревание и кондиционирование воздуха в помещениях целиком осуществлялось за счет солнечной энергии. В подвале этого дома площадью 65 кв.м. был расположен галичный аккумулятор, а на крыше находился солнечный коллектор площадью около 30 кв.м., что обеспечивало обогрев помещений зимой, охлаждение и кондиционирование летом.

В 1958 году к разработкам в области использования солнечной энергии присоединилась Япония, где в Токио был построен дом (площадью около 400 кв.м.) с водяными коллекторами, расположенными под углом наклона 15° на южном скате крыши. Площадь коллекторов составила 130 кв.м., а система в целом обеспечивала 70% экономии тепла и энергии по дому. В 1960 году в Канаде (в городе Торонто) был построен двухэтажный жилой дом (площадью 200 кв.м.) для изучения возможностей межсезонного аккумуляирования тепла, которое обеспечивалось водяными коллекторами (площадью 57 кв.м.),

расположенными под углом наклона 60° на южном скате крыши. В подвале размещался водный аккумулятор, объемом 225 куб.м..

Необходимо обратить внимание на большие площади водяных коллекторов, и еще большие объемы водяных аккумуляторов, занимающих практически всё подвальное пространство энергоэффективных жилых домов. Таким образом, из-за громоздкости энергоэффективного оборудования и отсутствия научной базы для его уменьшения в 60-х годах XX столетия наметился кризис в экспериментальном проектировании и строительстве жилых домов с солнечными батареями. Кроме того для ученых архитекторов оставался открытым вопрос – по какому пути в дальнейшем пойдёт наука в использовании солнечной энергии, и как её основные тенденции отразятся на архитектурно-планировочной организации энергоэффективного жилья.

Кризис научных теорий закончился в начале 70-х годов, когда в результате исследовательских разработок начали появляться новые по своему содержанию экспериментальные дома с гораздо меньшей площадью солнечных радиаторов и гораздо меньшим объемом жидкостных аккумуляторов, размещенных в подвале. Так в 1974 году в Великобритании (в городе Милтон-Кейс) в одном из обычных блокированных домов на южном скате крыши под углом 45° впервые были установлены жидкостные коллекторы на водном растворе этиленгликоля (площадью 40 кв.м.). Жидкостные аккумуляторы, размещенные в нишах между этажами (общим объемом 5 куб.м.) в общей системе использования солнечной энергии обеспечили экономию расходов на отопление по дому около 60%.

В 1973 году в бывшем СССР в Узбекистане (поселок Улугбек около Ташкента) был впервые построен двухквартирный жилой дом с воздушными коллекторами, расположенными на южном скате крыши (площадью 74 кв.м.) и гравийный аккумулятор тепла (объемом 70 куб.м.). Но эти разработки уже не были передовыми, а осуществлялись «вдогонку» за мировыми исследованиями. В Туркменистане (вблизи Ашхабада) в 1979 году впервые был спроектирован большой гелиокомплекс, включающий поселок на 300 жителей, солнечную электростанцию и полигон для испытаний солнечных стендов. Интересным является тот факт, что при проектировании зданий были сохранены элементы традиционного среднеазиатского жилья: одноэтажные здания были обращены глухой стеной на улицу, а все жилые помещения ориентированы во внутренние дворики (в один из них выходят все общественные помещения, в другой спальные комнаты); на характерной восточной плоской крыше типового дома под углом размещались отдельно стоящие плоские коллекторы.

Одним из интереснейших исследований в этой области является диссертация О.К. Афанасьевой «Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии», в которой подробнейшим образом проанализированы основные виды возобновляемых источников энергии,

используемых в архитектуре (низкопотенциальная тепловая энергия, энергия биомассы, водных потоков на суше, энергия ветра и солнца), а также создана детальная классификация энергоэффективных домов (климатические дома, энергонезависимые, пассивные и автономные дома)).

Согласно её исследованиям классификация домов, использующих энергию солнца и получивших название «солнечный дом», созданных на основе прогрессивных на то время результатов научных исследований, берет свое начало со середины 70-х годов XX века [1]. Так в её работе приводится классификация жилых домов с энергоэффективными технологиями, составленная в 1977 г. П. Диасом: 1) автономный дом – дом, который для своего обеспечения не использует традиционные источники энергии, самодостаточен и находится на полном самообеспечении теплом и энергией; 2) биоклиматический дом – дом, в котором используются традиционные конструкции и местные строительные материалы с целью уменьшения тепловых потерь здания в данных природно-климатических условиях (характерно: учет микроклиматической ситуации, умелый подбор несущих конструкций, рациональное зонирование помещений, что экономит энергию и повышает комфортность); 3) солнечный дом – дом, снабженный активными средствами улавливания, передачи и хранения тепловой энергии солнца (характерно: принудительная система сбора, распределения и хранения энергии; наличие солнечных коллекторов, системы распределения тепла и аккумулирования энергии).

В 1978 году исследователи Н.Барду и В. Арзуманьян создали классификацию жилых домов по четырем основным принципам передачи солнечной энергии в жильё:

- **первый принцип:** получение солнечной энергии непосредственно через проемы и накопление её в массивных стенах дома;

- **второй принцип:** поглощение солнечной энергии массивом станы и её передача конструкцией (перенос тепла теплопроводностью) и конвенцией (видом теплопередачи, при котором тепло передается путем перемешивания больших объемов вещества, например перемешивание холодного и теплого воздуха, где теплый воздух поднимается вверх);

- **третий принцип:** улавливаемая коллекторами солнечная энергия передается в аккумулятор, а затем, по мере необходимости, расходуется в доме;

- **четвертый принцип:** солнечная энергия преобразуется в фотоэлектрических батареях в электрический ток, который аккумулируется и хранится практически без потерь. По мнению автора первые два принципа можно объединить как биоклиматические, а третий и четвертый как технологические принципы, что можно сопоставить с разделением на «пассивные» и «активные» системы сбора солнечной энергии, предложенные С.В. Заколеем [3]. Для «пассивных» систем он вводит классификацию, в которой

рассмотрены четыре основных типа «пассивной» системы и их варианты, а пятый тип, состоящий из двух термосифонных систем, которые вполне можно рассматривать как «активной» так и «пассивной» системой, так как там не применяются насосы или вентиляторы [3, 4].

Первый вид «пассивной системы» по мнению Заколяя – это непосредственный нагрев помещения через окно, который позволяет в архитектурном смысле развить верхние ряды окон и чердачные окна. Второй вид рассматривает стену одновременно как коллектор и как аккумулятор, и по мнению исследователя, к этому типу относится стена Тромба, теплица с аккумулирующей стеной, теплица с подвальным гравийным аккумулятором. Третий вид – это водяные стены (стена, состоящая из баков с водой), стена типа «тепловой диод». Четвертый вид – это водяные крыши [1, С. 25-26], крыши, в пространстве которых находится вода как носитель тепла. С архитектурной точки зрения интересной является классификация предложения П.Р. Сабади в отношении «солнечного дома», и которая систематизирует «активные» системы по принципу расположения коллекторов на здании. Подобные коллекторы могут размещаться на стенах, ограждениях балконов или подоконных стенках, совмещаться с конструкцией крыши (чердачным, или мансардным пространством), быть вмонтированными в систему здания или в нише, могут являться частью шедовых элементов [5].

В пассивных системах используются различные модификации традиционных элементов здания для накопления и распределения жилья, которые требуют незначительного дополнительного технологического оборудования, более экологичны, однако не достаточно производительны, для их получения не требуется специального обслуживающего персонала. Большой интерес у архитекторов всего мира, занимающихся энергоэффективной архитектурой, вызывали вопросы прогрессивных научных разработок и передовых инновационных открытий в области энергосбережения (в том числе в разработках «пассивного» и «активного» дома) поскольку они, непосредственно находясь на крыше дома или на его фасадах, безусловно оказывают влияние на окончательные архитектурно-планировочные решения подобного жилья. В зависимости от существующих на данный период технологий, архитектурное решение энергоэффективного жилого дома не только формирует приемы его организации (компактный, открытый, закрытый тип), но и влияет на градостроительные и композиционные вопросы пространственной организации целых жилых микрорайонов.

Простейшие «активные» системы в отличие от «пассивных» состоят из большого количества технических средств (плоские воздушные и водяные коллекторы, система распределения тепла и контроля теплообеспечения всего дома, специальные аккумуляторы тепла), что требуют квалифицированного

монтажа и эксплуатации и соответственно удорожает строительство. Активное преобразование солнечной энергии в её доступные виды по мнению Н.А. Сапрыкина осуществляется двумя основными способами: прямое преобразование солнечной энергии в электрическую – фотоэлектрическое преобразование; преобразование световой энергии в тепловую, а затем при помощи пара в электрическую – фототермическое преобразование [6, С. 86]. Известный ученый А.Н. Сахаров в своей работе «Жилые дома для сельского строительства на Севере» расширил данную классификацию «активных» и «пассивных» систем дополнительными подгруппами. Для «пассивных» систем существует подтип, в котором солнечная энергия улавливается окном (световой проем в крыше или стене, специальное помещение-теплица) и подтип, где солнечная энергия улавливается конструктивным термальным массивом (ограждающая конструкция стены или всей крыши). А в структуре «активной» системы есть подтип, где специальный коллектор не включается в конструкцию здания, а расположен либо на крыше дома либо вблизи от него; и подтип, где специальный коллектор установлен непосредственно на ограждающую конструкцию дома (крыша, стена) [7, 8, 9].

В 2004 году инженер-исследователь Вильям Макофске предложил классифицировать «пассивные» системы использования солнечной энергии, выделив пять основных типов: 1 – прямой солнечный обогрев; 2- система термальных крыш; 3- стена Тромба или Массивная Стена; 4- «Зеленый дом» или солнечная комната; 5 – термосифонная система. Сьюзен Роаф в книге «Экодом 2» (в 2007 году) разделила пассивные системы на три основные группы: 1 – массивная стена (как разновидность – водяная стена, стена Тромба); 2 – гелиотеплица (полупрямой обогрев, не прямой обогрев, термосифонная система); 3 – отопление через гравийный аккумулятор в подвале (аккумулятор, нагреваемый от гелиотеплицы; термосифонная система). Исследователи А. Дэвис и Р. Шуберт в книге «Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании» разделили все энергоэффективные жилые дома на два типа: солнечные дома, использующие солнечную энергию для частичного покрытия нужд жильцов в тепло- и энергообеспечении; экологические дома, использующие не только солнечную энергию, но и другие виды нетрадиционных источников энергии (близкие к автономности с энергетической точки зрения и с точки зрения удовлетворения потребностей жителей в пище и воде; они практически безотходны и помимо жилых помещений, включают целый комплекс помещений растениеводческого, животноводческого, рыболовного хозяйства, а также помещений для переработки отходов сельского производства для обеспечения полного замкнутого цикла теплоснабжения жилья [2].

В проектировании *энергоэффективных* домов максимально учитываются местные природно-климатические условия; при проектировании такого дома

учитывается рельеф окружающей местности, соседние постройки и зеленые насаждения; дома четко ориентированы по сторонам света, что отражается на внутренней функционально-планировочной структуре здания; учитывается также направление господствующих ветров и возможных песчаных бурь. В подобном доме энергопотери сведены к минимуму, поскольку внешний периметр ограждающих конструкций хорошо изолирован от неблагоприятных воздействий внешней среды. При проектировании «*энергонезависимых домов*» («климатических домов») проектировщики используют для энергообеспечения возобновляемые источники энергии, которые частично или полностью покрывают все энергетические расходы дома. «*Автономные дома*» - это энергонезависимые дома, включающие в себя систему жизнеобеспечения замкнутого цикла, в которую входят помещения и оборудование, обеспечивающие жильцов пищей и водой, а отходы жизнедеятельности перерабатываются и используются вторично, формируя безотходный автономный комплекс жилого дома [1, С. 29-30].

Этим автором также была предложена классификация «пассивных» и «активных» систем жилого дома, включающие систему гелиослежения: 1 – «пассивные» системы включают в себя: прямое солнечное отопление, нагрев изолированного остекленного объема, обогрев (охлаждение) здания посредством ограждающих конструкций; 2 – «активные» системы включают в себя: использование солнечного коллектора, применение панели фотоэлементов, регулирование внутреннего микроклимата и температурного режима. Одним из самых прогрессивных новых предложений в сфере гелиослежения «пассивных» и «активных» систем является идея динамического дома и *вращающегося* гелиооборудования (под оптимальным углом к солнцу), чтобы достичь максимального эффекта от улавливания солнечных лучей при использовании солнечной энергии.

Литература:

1. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных домов с использованием возобновляемых источников энергии. // Учебное пособие. (МАрхИ) - Москва, 2007.
2. Дэвис А., Шуберт Р. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. М., 1983.
3. Зоколей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. М., 1984.
4. Зоколей С.В. Солнечная энергия и строительство. М., 1979.
5. Сабади П.Р. Солнечный дом. М., 1981.
6. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре. М., 2005.

7. Сахаров А.Н. Архитектура сельского жилища для Севера. Диссертационная работа на соис. уч. степ. док. арх., М., 1989.
8. Сахаров А.Н. Жилые дома для сельского строительства на Севере. Л., 1984.
9. Сахаров А.Н., Анисимова И.И. Архитектурное проектирование малоэтажных жилых домов с солнечным энергоснабжением /А.Н.Сахаров, И.И.Анисимова. - М.,1983.
10. СНиП 31-02-2001 Дома жилые многоквартирные. М., 2001.
11. СНиП 23-01-99 Строительная климатология.- Госстрой России, ЦПП.- 2000.
12. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита.- Госстрой России, ФГУП ЦПП.- 2004.

Анотація.

В статті розглянуто витoki розвитку енергозбереження у світі на конкретних прикладах з вітчизняного та зарубіжного досвіду. В хронологічній послідовності проаналізовано етапи становлення та утвердження архітектури енергоефективних будівель і споруд у тісному їх взаємозв'язку з відповідними технологіями, що існували в той або інший історичний період. На основі проведеного в роботі аналізу виявлено основні тенденції перспективного розвитку енергозбереження найближчим часом.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії; комплекс енергозбереження; альтернативна енергія; сонячні рідинні колектори; гідроелектростанції та міні-ГЕС; тепла енергія; геотермальні джерела.

Annotation.

The article considers the sources of development of energy saving in the world on concrete examples of local and foreign experience. In the chronological sequence, the stages of the formation of the architecture of energy-efficient buildings were analyzed in close interconnections with the corresponding technologies that existed from period to period. Based on the analysis carried out in the work, the main trends of the prospective development of energy saving for the coming decades were revealed.

Keywords: renewable energy sources; complex energy saving; alternative energy; solar liquid batteries; hydroelectric power stations; thermal energy; geothermal sources.