

## ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЯМОГО СОЛНЕЧНОГО ОБОГРЕВА МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩА ЭКОНОМ КЛАССА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ ИХ СОЧЕТАНИЯ С СИСТЕМОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ

*На основе международного опыта развития и достижений в области солнечной энергетики, определены перспективы и возможности применения в малоэтажных жилищах с пассивной системой использования солнечной энергии высокоэффективных фотоэлектрических батарей и систем фотовольтаики, преобразующих солнечный свет в электрический ток. Проблема использования солнечной энергии рассматривается во взаимосвязи “малоэтажное жилище и солнечная энергия”, что определяет сочетание современных требований к жилищу (комфортабельность, благоприятный микроклимат, экономичность, индивидуализация облика) с экономической целесообразностью в условиях Армении.*

*Выявлены и оценены апробированные на практике и адаптированные к условиям Армении системы. Представлен выбор архитектурно-строительных решений, способствующих применению пассивных систем в сочетании с системами фотовольтаики, что в значительной степени повышает эффективность использования ресурсов солнечной энергии.*

**Ключевые слова:** *активные и пассивные системы использования солнечной энергии, малоэтажное жилище, фотовольтаика, теплоизоляция, гелиоприемник*

Отсутствие собственных ресурсов в виде газа, угля, нефти вынуждают нас искать новые направления и пути использования солнечной энергии, ресурсами которой так богата Армения.

К сожалению, в нашей республике этой проблеме пока что не уделяется должного внимания, и научно-практические изыскания в этой области практически отсутствуют. Поэтому наши изыскания в этой важнейшей проблеме могут опираться, главным образом, на анализе зарубежной практики и накопленного опыта использования солнечной энергии в жилищном строительстве. В настоящее время способы и технологии использования солнечной энергии можно дифференцировать на активные и пассивные системы.

**Активные системы** солнечной энергии основаны на применении сложного гелиотехнического и обычного теплотехнического оборудования и предназначены, главным образом, для теплоснабжения. Они используют такие дополнительные механизмы как насосы, вентиляторы, баки, бойлеры, коллекторы, генераторы и др. Разновидностью активных систем можно считать систему фотовольтаики, основанную на новых типах фотоэлектрических батарей или коллекторов, преобразующих солнечный свет непосредственно в ячейках в электричество.

Главным сдерживающим фактором массового использования таких систем на протяжении десятков лет была значительная дороговизна установок аккумулированной солнечной энергии и преобразование ее в электричество.

В качестве перспективной альтернативы дорогостоящим солнечным коллекторам широкое распространение получили **пассивные системы отопления** с прямым солнечным обогревом. Они основаны на применении архитектурно-конструктивных решений жилища, обеспечивающих максимальное использование солнечной энергии в отопительный период, необходимую защиту от излишней солнечной радиации, повышенную тепловую изоляцию жилища и снижение теплопотерь (энергосберегаемость), соответствующей возможности интенсивного проветривания (сквозного или углового), с использованием проектов свободной планировки, применением раздвижных перегородок и трансформируемых элементов. Соответствующие рекомендации по проектированию малоэтажных жилищ с пассивной системой приведены в [1-7].

Согласно данным зарубежных источников, пассивные системы солнечного обогрева эффективны для применения в южных районах, например, в условиях  $40^{\circ}$  с.ш. Высокое стояние солнца в зимний период (в декабре, в полдень -  $27^{\circ}$ , в сентябре и марте -  $50^{\circ}$ ) содержит в себе коротковолновое излучение достаточно высокой энергетической напряженности, определяемое угловым возвышением солнца не менее  $12^{\circ}$ . В южных районах, в отличие от северных и средних широт, солнце не только светит, но и греет.

Зарубежные источники сообщают, что при расположении жилищ в этих районах, при применении пассивных систем, сокращение затрат на отопление может составить до 40 %. Армения расположена не только на широте  $40^{\circ}$  с.ш., но и ей характерна общая приподнятость территории над уровнем моря, вызывающей: прозрачность атмосферы, повышенную интенсивность напряженности солнечной радиации и ее равномерное распределение в году, значительное число часов продолжительного солнечного сияния в зимний период. Число часов солнечного сияния по различным пунктам составляет за зимний период от 320 (Ереван) до 470 часов (Горис, Дилижан, Севан). В Москве ( $55^{\circ}$  с.ш.) число часов в зимний период составляет всего 90 часов и то при низком стоянии солнца, когда энергетическая ценность лучей солнца незначительна.

Интересны также показатели солнечной радиации – среднечасовая интенсивность прямой радиации солнца в полдень на перпендикулярную поверхность: в Севане, в январе она составляет  $1,58 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$ , а в июле –  $1,36 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$ , в Дилижане, соответственно –  $1,25 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$  и  $1,29 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$ , а в г. Ереване –  $1,16 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$  и  $1,39 \text{ ккал/см}^2\text{мин}$ . Это очень высокие показатели, о чем свидетельствуют и следующие показатели в зимний период - прямая радиация в  $\text{ккал/см}^2$  составляет: в г. Минске ( $55^{\circ}$  с.ш.) –  $2 \text{ ккал/см}^2$ , в г. Воронеже ( $52^{\circ}$  с.ш.) –  $2 \text{ ккал/см}^2$ , в г. Евпатории ( $45^{\circ}$  с.ш.) –  $2 \text{ ккал/см}^2$ , в г. Кисловодске ( $43^{\circ}30'$  с.ш.) –  $7 \text{ ккал/см}^2$ , в г. Ереване ( $40^{\circ}$  с.ш.) –  $9,4 \text{ ккал/см}^2$ , в Севане же, с повышением высоты над уровнем моря до 1940 м –  $13,6 \text{ ккал/см}^2$ . Эти данные свидетельствуют об исключительно благоприятных радиационно-инсоляционных условиях Армении для применения пассивных систем отопления при благоприятствующих температурных показателях (в зимний период  $-9...0^{\circ}\text{C}$ ). С учетом этих факторов, с полным основанием можно говорить не только об эффективности использования пассивных систем в малоэтажных жилищах массового применения, но и достижении большего снижения затрат на отопление, чем это оговаривается в зарубежной практике.

Важнейшим фактором использования пассивных систем в малоэтажных жилищах являются параметры климата, определяемые особенностями радиационного, инсоляционного и температурно-

ветрового режимов окружающей среды, и параметры жилища, определяемые архитектурно-строительными решениями жилища, в наибольшей степени соответствующие этой среде с максимальным использованием положительных природных факторов и устранения или ослабления отрицательных, т.е. использование основных принципов блокклиматической архитектуры.

**Основные принципы пассивного отопления заключены в следующем:**

- гелиоприемником должно стать здание – его объемно-планировочная структура, предметно-пространственная внутренняя среда, конструктивные решения, его отдельные элементы, обеспечивающие энергосберегаемость жилища в целом;
- структурное построение жилища должно отличаться ярко выраженной солнечной ориентированностью, с расположением всех или большинства жилых помещений на южную сторону горизонта;
- остекленные балконы, лоджии, встроенные или пристроенные оранжереи, зеленые комнаты, решенные в виде буферной зоны между квартирой и внешней средой, должны стать накопителями теплового воздуха, передавать ее в смежные помещения и повышать энергосберегаемость жилища, оборудованного при этом системой естественной вентиляции и регулируемого проветривания.

Все архитектурно-строительные решения жилища должны быть направлены на то, чтобы обеспечить максимальный вклад солнечной энергии в холодное помещение при одновременной энергосберегаемости здания в целом. Необходимо максимально долго сохранять тепло в помещениях, используя принцип компактности архитектурной формы при улучшенной теплоизоляции, снижения инфильтрации и теплопотерь. Очевидным становится и тот факт, что архитектурно-строительные решения и их правильный выбор становятся определяющими при пассивных системах отопления (ПСО) солнечной энергией.

Различные сообщения и утверждения того, что ПСО могут использоваться и в существующих жилищах, не выдерживают никакой критики. Речь идет не об утеплении старых зданий, а об их солнечной ориентированности и обязательности ориентации всех жилых помещений или их большинства на южную сторону горизонта, при которой создаются огромные качественные преимущества в части энергетического и инсоляционного режима помещений. Между тем, старые постройки могут иметь столь различные и зачастую неблагоприятные условия ориентации, что их реконструкция с раскрытием окон на южную сторону потребует полного переустройства жилища и огромных вложений.

Основная задача наших изысканий заключается не только в определении апробированных систем и их использовании применительно к нашим условиям, но и в необходимости связать напрямую с проектированием новых форм малоэтажного экономичного жилища доступного типа, рассчитанного на расселение более широких слоев населения. Задача разработки новых типов жилища с адаптацией в них пассивных систем отопления, рассматривается как единая задача социально-экономической значимости [1-7].

Сегодня в нашей республике жилище проектируется на основе старых традиционных, стереотипных решений, без учета местных природно-климатических особенностей, в них не внедряются принципы биоклиматической архитектуры - основы формирования жилища с учетом

использования солнечной энергии. Подгоняемые стремлением сэкономить энергию мы приходим к необходимости создания совершенно новых форм солнечных жилых домов массового применения.

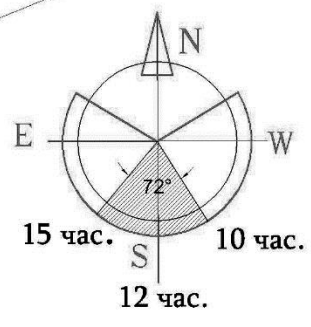
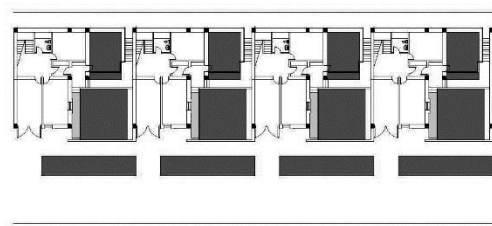
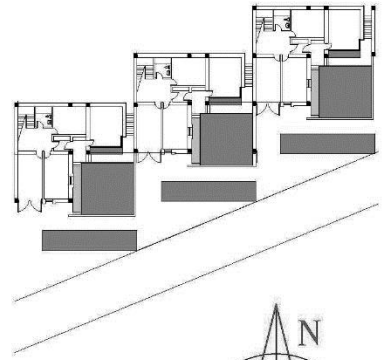
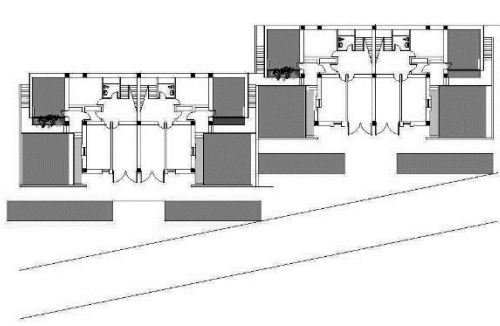
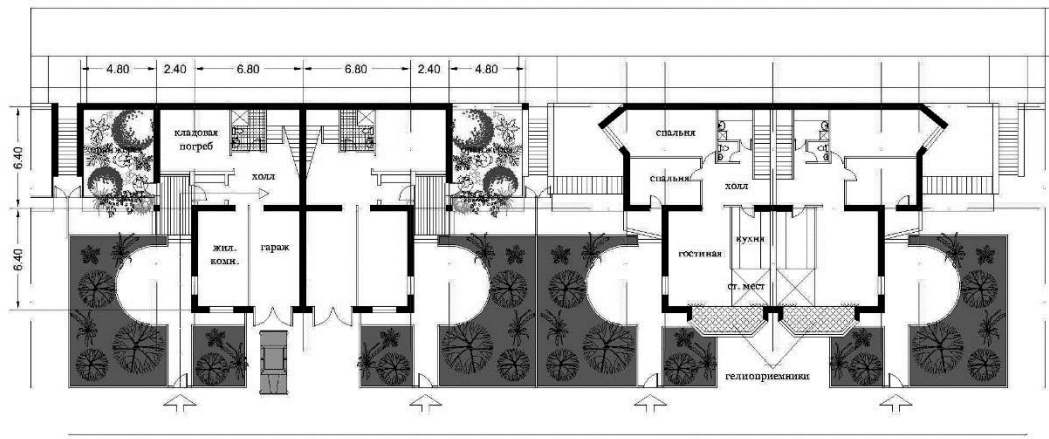
На основании результатов нашего исследования об использовании пассивных систем, как наиболее эффективных и экономичных для малоэтажных жилищ социального типа эконом класса, ниже приводятся разработанные нами, в процессе поискового проектирования, предложения по архитектурным решениям солнечных малоэтажных двухквартирных типов домов на двух уровнях индивидуального строительства для условий Армении (рис. 1-3).

Первый тип жилища (рис. 1) рассчитан на застройку склонов южной ориентации с крутизной до 30...40 %, основным входом и гаражом с подгорной южной стороны, с применением литосфорных форм здания, врезанных в грунт, при относительном увеличении объемов первого этажа здания. Каждое здание имеет пристройкой дворик, также раскрытый вниз по склону на южную сторону, что создает возможность улучшения микроклимата дворового пространства и жилища в целом, с использованием принципов биоклиматической архитектуры.

В качестве солнцеприемника на втором этаже использован остекленный эркер - зимний сад по фасаду второго этажа. Часть чердачного этажа также использована в качестве теплового воздушного коллектора оранжерей с изоляцией полов материалом с высокими теплоизоляционными качествами, длительно сохраняющим аккумулированное тепло и передающим нагретый воздух в нижние помещения, с помощью настольного вентилятора, через трубы.

Второй тип дома (рис. 2) также спаренного типа, как более экономичный для строительства с квартирами на двух уровнях, рассчитан для состава двухквартирных жилищ в 3, 4 и 5 комнаты. Он рассчитан на застройку относительно более ровных участков с входом и гаражом, расположенных с северной нагорной стороны. Неотъемлемой частью и для этих типов домов являются пристроенные дворики, которые в любой период могут быть оборудованы регулируемыми солнцезащитными средствами в виде тентов, зонтов, навесов-маркиз для защиты от излишней инсоляции.

В [1-7] затрагивается одна из важнейших социально-значимых проблем жилищного строительства, а именно - формирование новых форм малоэтажного жилища социального типа массового применения с использованием солнечных ресурсов Армении. Перечень публикаций охватывает широкий круг вопросов, связанных с использованием солнечной энергии в малоэтажных типах жилых домов эконом класса. Эти вопросы включают: учет специфики природно-климатических условий, предпосылки и перспективы использования солнечной энергии в условиях Армении; задачи в проектировании и строительстве новых форм типов жилища; анализ зарубежного опыта с точки зрения выбора рациональных и апробированных систем к использованию в наших условиях, разработкой основных положений и рекомендаций для проектирования; разработка, на их основе, проектных предложений как результат научных исследований и направлений развития, определяемых поисковым проектированием и условиями их внедрения. Этот этап работы можно считать завершающим и подготовительным к внедрению.



виды блокировки

сектор оптимальной ориентации в зимний период



**Рис. 1** Предложения по архитектурно-планировочному решению солнечных малоэтажных домов индивидуального строительства, спаренных двухквартирных типов (на 4 комнаты), на двух уровнях, с пассивной системой для застройки южных склонов, с крутизной до 30-40% со входом и гаражом с подгорной стороны.



**Рис. 3** Панорама застройки малоэтажного жилого комплекса солнечно-ориентированной архитектуры для Дилижана



**Рис. 2** Предложения по архитектурно-планировочному решению солнечных малоэтажных домов индивидуального строительства, спаренных двухквартирных типов (на 4-5 комнат) на двух уровнях с пассивной системой для застройки на участок с небольшими уклонами, с входом и гаражом с нагорной стороны.

P.S. Разработки Г. Рашидяна, А. Енгоян при участии Л. Токмаджяна.

В свете выше изложенного возникает резонный вопрос – каким образом может быть сопричастна наша республика ко всем этим процессам, происходящим в мире по использованию солнечной энергии в строительстве. Снижение затрат на тепло- и электроснабжение – одна из приоритетных задач и для нашей республики. При отсутствии собственных органических энергоносителей уповать на импортные поставки или надеяться на строительство малых ГЭС (10...15% от общей потребности электроснабжения), а также на АЭС, ресурсы которой в ближайшей перспективе будут исчерпаны, не приходится, надо искать и другие альтернативные источники покрытия все возрастающих затрат на тепло- и электроэнергию. В таких условиях и при значительных достижениях в области использования солнечной энергии казалось, что у нас должна была пробудиться заинтересованность к использованию солнечной энергии в жилищном массовом строительстве. Конечно, не нам решать глобальные проблемы солнечной энергетики – это прерогатива наиболее развитых стран с очень высоким экономическим и научно-техническим потенциалом. Но это еще не повод того, что мы должны быть совершенно индифферентными к проблеме, которая в большей степени касается и нашей жизнеспособности. Удивительно, что эта проблема социальной значимости практически оказалась также вне внимания наших исследователей, проектировщиков и заинтересованных министерств и ведомств. Между тем, эта та область, которая требует комплексного системного подхода к решению этой важной для нас социально-экономической проблемы. Исключительно благоприятные для использования солнечной энергии природно-климатические ресурсы Армении создают уникальные предпосылки считать эту проблему одной из важнейшей в тематике научных и проектных работ с привлечением специалистов разного профиля – при курировании со стороны государственных структур. Безусловным является и то, что такая работа должна развиваться в направлении – исследование, разработка, поисковое проектирование и внедрение в реальную практику проектирования и строительства. Это обязывает искать свои пути использования солнечной энергии с целью уменьшения бремени расходов населения на обогрев своих жилищ. Эту задачу возможно осуществить, опираясь на тот огромный опыт, который накопила мировая практика в этой области, используя его применительно к нашим условиям и возможностям.

Речь идет о выборе апробированных на практике систем и методов, которые могут оказаться результативными в наших условиях, с учетом их массового использования в разработках новых решений малоэтажного жилища социально-доступного типа. Главным аргументом при выборе системы должна быть ее простота, и, в тоже время, эффективность и экономическая целесообразность, а ее внедрение в жилище не должно привести к заметному удорожанию стоимости строительства доступного жилища, для которого ограничительным фактором также является оптимизация решений и экономичность. Как использование солнечной энергии, так и разработка малоэтажных жилых домов социального типа, по сути, взаимосвязаны и в наибольшей степени выражают социально-экономическую значимость этой проблемы для нашей республики.

Обращение к использованию солнечной энергии в малоэтажных типов домов было определено учетом ряда обстоятельств:

- социальной значимостью и актуальностью разработок новых типов малоэтажного жилища массового применения, рассчитанных на расселение более широких слоев населения;
- малоэтажные типы жилища допускают применение наиболее простых и рациональных методов и систем солнечного отопления, применяемых для условий Армении, доступных к осуществлению

индивидуальным застройщикам, и выгодных строительным и подрядным фирмам на основе различных источников финансирования, при комплексной их застройке;

- применяемые методы, средства оборудования для использования солнечной энергии могут органично вписываться и взаимодействовать с объемно-планировочной структурой и отдельными элементами жилища, не препятствуя достижению комфорта, удобства, уюта, благоприятного микроклимата, индивидуализации облика жилища и жилой застройки в целом;
- население Армении сегодня нуждается не в элитных жилищах, а в наиболее экономичных по строительным и эксплуатационным затратам, социально-доступного типа, в 2...4 этажа, менее проблематичных в конструктивно-технологическом отношении, легко и быстро возводимых. Поэтому разработкам таких новых типов жилых домов должно быть уделено особое внимание, в том числе и с точки зрения использования положительных природных факторов (горное солнце) и устранения отрицательных (холод, жара, ветер);
- речь идет о наиболее затребованных населением следующих типах жилищ: индивидуальных одноквартирных на двух уровнях, спаренных двухквартирных блокированных, а также 3-4-х этажных квартирных домов массового применения. Близость к земле и окружающей природной среде создают предпосылки к максимальному отражению в их решениях учета природно-климатических особенностей и, в частности, использования солнечной энергии.

Основная задача – в последующем апробировании системы пассивного использования солнечной энергии, одновременно с сочетанием и разработкой малоэтажных типов жилых домов, рассматривая при этом жилище как целостную единую форму нового типа. Новое жилище должно прийти на смену старому, пережившему материальный и моральный износ. Оно приведет к созданию новых рабочих мест, укреплению и развитию молодых семей, сократит отток молодого трудоспособного населения в зарубежные страны, приостановит демографический спад. В этом вопросе мало что можно сделать по личной инициативе, и речь касается, прежде всего, реального планирования и внедрения.

Как показывает мировой опыт, такие важные направления, как социальное жилище, использование солнечной энергии во многих странах направляются и развиваются под эгидой государства, и только в этом случае достигается положительный результат. Они очень часто дотируются со стороны государства, хотя бы в направлении создания льготных условий их развития и финансирования научно-проектных разработок.

#### **Фотовольтаика и перспективы ее адаптации в пассивные системы малоэтажного жилища**

С полным основанием, отмечая эффективность, простоту и экономическую целесообразность применения пассивных систем отопления (ПСО) в условиях Армении, должны отметить следующее: ПСО могут дать экономию на отопление до 50% от общих затрат тепла на традиционное отопление дома. С этой точки зрения ПСО следует рассматривать как средство повышения тепловой эффективности здания, применяемое в комплексе с остальными приемами и средствами поддержания теплового режима помещений в облачную погоду и в ночное время. ПСО, как правило, не обеспечивает полного покрытия отопительной нагрузки и должна применяться совместно с другими системами отопления, дополняющих ПСО, с использованием как дублирующих традиционных, так и возобновляемых источников энергии. Одним из таких источников может стать использование в перспективе солнечных батарей типа фотовольтаики.



Основной упор сделан на изучении опыта Германии, лидера в этой области, где в наибольшей степени уделяется внимание исследованию разработок и внедрению новых технологий использования солнечной энергии.

За последние 20 лет произошли разительные перемены в мире по использованию солнечной энергии и солнечных технологий. Массовый характер и широкое их использование во многих странах доказывает, что эта проблема приобретает все большую значимость в современных условиях. Но за последние пять лет наибольшее распространение и массовое применение получили солнечные технологии, основанные на фотоэлектрических ячейках (PV) или батареях, преобразовывающих солнечный свет в электричество, непосредственно в самих ячейках, из которых могут набираться модули различных размеров и мощностей. Они более адаптируемы, чем многие другие типы технологий солнечной энергии. Они начали разрабатываться в начале 90-х годов прошлого столетия и могли служить основой для солнечных фотоэлектрических станций (СЭС) большой мощности, а также автономного энергообеспечения отдельных зданий с энергоустановочной мощностью до 10 кВт для жилых зданий.

Поначалу стоимость выработки электроэнергии оказалась чрезвычайно высокой, почти в 20...30 раз дороже вырабатываемых атомными электростанциями. Но идея была столь привлекательной и перспективной, что работы в этой области не прекращались и были направлены, главным образом, на совершенствование и снижение стоимости солнечных фотоэлектрических батарей. Для повышения эффективности в их решениях начали применяться новые инновационные и нанотехнологии, вместо редкоземельных и дорогостоящих металлов стали применяться совершенно новые полупроводниковые материалы. Такой распространенный в мире материал как кремний, вакуумные методы изоляции, селективные поглощающие и отражающие покрытия, а также автоматизация производства с массовым производством солнечных батарей, неуклонно повышают и их технико-экономические показатели. Так, КПД фотоэлектрической ячейки фирмы Шарп в 2012 г. достигли 43,5 %.

Ныне система фотовольтаики стала самым популярным и распространенным в мире типом технологии использования солнечной энергии. Китай же в течение трех лет с 2011 по 2013 гг. экспортирует в Европу ежегодно на 21 млрд евро солнечных батарей, в большинстве своем системы фотовольтаики. Огромные объемы солнечных батарей производит и Европа, в частности, Германия и Италия, стоимость которых постоянно снижается, и такой огромный сброс в Европу этой продукции по более низким ценам, естественно, приведет к распространению этой европейской продукции. Доля солнечной энергии в общем объеме энергии, получаемой из возобновляемых источников, составляет ныне 20 %, а по прогнозам Министерства охраны природы Германии через 10 лет удвоится.

### **Солнечные фотоэлектрические батареи, принцип работы**

Еще в древние времена, 2500 лет назад, греки строили свои дома с использованием солнечной энергии: крупные южные окна позволяли солнечному свету глубоко проникать в помещения в течение дня и обогревать их в дневную половину суток, стены же большой толщины хорошо сохраняли тепло и затем отдавали его в течении ночи. Этому способствовали благоприятные климатические условия Греции, расположенной на широте 40<sup>0</sup> с.ш., как и Армения, она отличалась субтропическим средиземноморским климатом и, при мягкой зиме (средняя температура зимой в

Афинах  $+10^{\circ}\text{C}$ ), практически хорошо согревалась солнцем в холодный период, а обилие растительности в виде лесов и кустарников позволяло сооружать в домах очаги, отапливаемые древесиной как альтернативным, дублирующим источником тепла. Современная архитектура жилища с использованием солнечной энергии связана с этой древней традицией пассивного использования солнечной энергии. Принцип пассивной системы использовался и в архитектуре народного жилища Армении, в которой ярко проявлялась идея солнечной ориентированности на южную сторону горизонта.

Технологический принцип работы фотовольтаики достаточно ясен – фотоэлектричество означает прямое преобразование солнечного света в электроэнергию через физическую реакцию. Этот процесс электрификации осуществляется солнечными батареями, которые, как правило, между собой последовательно соединяются и формируют фотоэлектрические модули различных размеров, мощностей и технико-экономических показателей (рис. 3-7).

Фотовольтаика с переключением к сети становится все более привлекательной в Германии, с учетом инвестиций на покупку и установку солнечных батарей, «солярный кВт·ч оказался даже дешевле классического тока из розетки»: 24 евроцента против 24,05. Согласно прогнозам с 2020 г. мощность солнечных модулей может достигнуть 430 ГВт – столько способны производить около 80 АЭС.

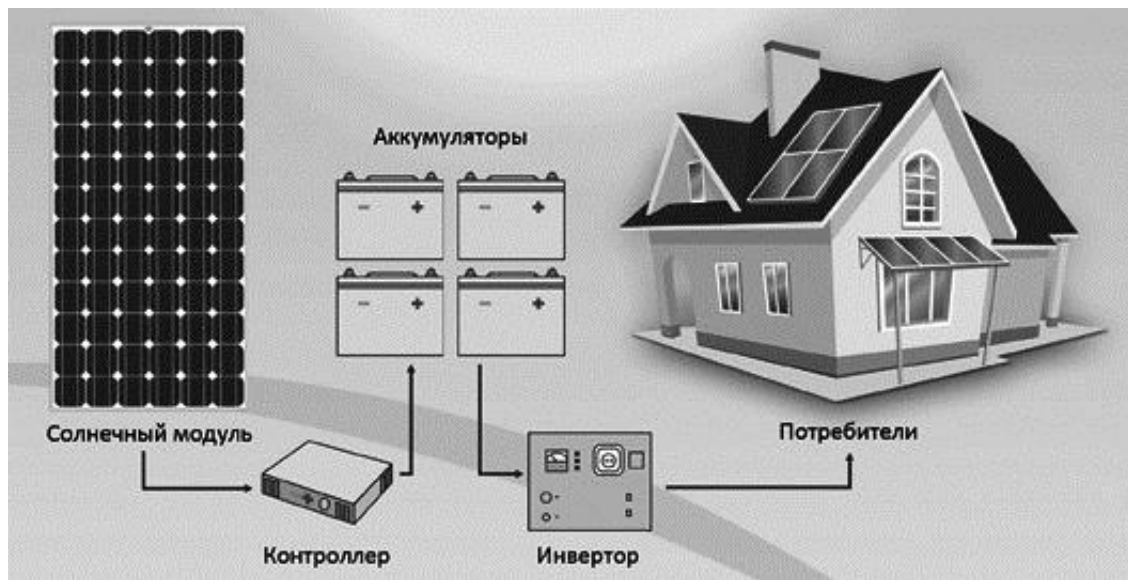
На рис. 4 приведена схема автономного решения домашней солнечной системы. Она включает в себя:

- фотоэлектрические модули для преобразования солнечного света в электрическую энергию;
- контроллер батарей для управления процессами зарядки и разрядки батарей;
- инвертор для преобразования солнечной энергии в переменный ток;
- батареи или аккумуляторы для сохранения выработанной энергии.

Наиболее простая батарея состоит из панели солнечных элементов и фотоэлектрического полупроводникового генератора. Воздействие элементов основывается на применении явления внутреннего фотоэффекта. В итоге функционирования солнечной панели генерируется постоянный ток. В дальнейшем энергия эксплуатируется напрямую разнообразными приборами, запасается в специальных аккумуляторных батареях для возможного применения, а также преобразовывается в переменный ток. Автономная домашняя солнечная система дает независимость и становится все более популярной в Европе, особенно, в малоэтажном жилищном строительстве, обеспечивает постоянную подачу электричества для освещения, обогрева с использованием различных типов экономичных калориферов и батарей, холодильников, радиоприемников, телевизоров. Фотовольтаика становится уже наиболее востребованной системой – 80000 таких систем уже находятся в эксплуатации в Германии, при этом их стоимость постоянно снижается.

Солнечные панели могут располагаться в виде силовых энергетических полей при фотоэлектрических станциях (рис. 5), в дворовых пространствах малоэтажных жилищ, размещаться в самих зданиях, на кровлях и крышах (рис. 6-8, если погодные условия позволяют: выпадение осадков, в виде снега, незначительно, и не требуется их частая очистка), могут подвешиваться в виде панелей на южных фасадах или в чердачных помещениях скатных крыш с раскрытием их на южную сторону, при этом наклон их может быть установлен с учетом периодов года. При этом не

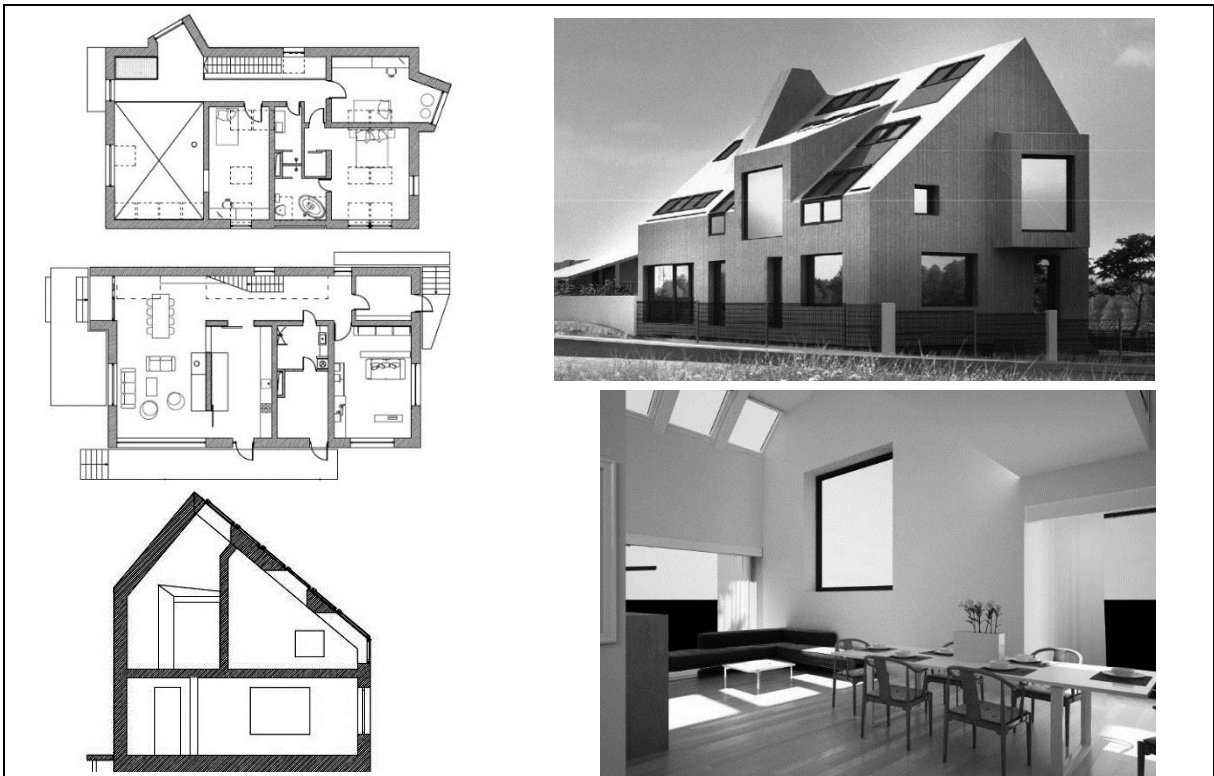
используется их установка по потребности одновременно на скатных крышах и дворовых пространствах малоэтажных жилищ.



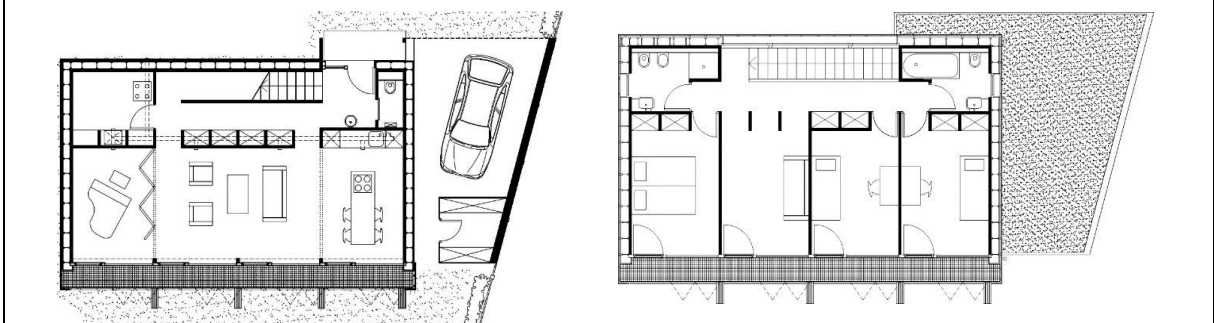
*Рис. 4. Принципы работы солнечных фотоэлектрических батарей системы фотовольтаики*



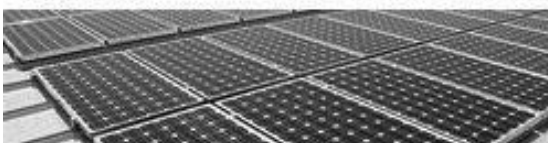
*Рис. 5. Солнечные фотоэлектрические станции с преобразованием солнечной энергии в электрическую (фотовольтаика)*



*Рис. 6. Первый солнечный дом в России с активной системой использования солнечной энергии*



*Рис. 7. Солнечный дом с пассивной системой использования солнечной энергии в комбинации с применением фотоэлектрических батарей (Париж)*



*Рис. 8. Архитектура современных солнечных домов в зарубежной практике с применением пассивной, активной и смешанной систем*

Необходимое количество модулей и их мощности в каждом конкретном случае должны определяться с учетом параметров климата, ресурсов солнечной радиации и инсоляции, параметров жилища и их площадей, потребностей проживающих, с оптимизацией затрат и получаемой электроэнергии. При этом решающее значение имеют климатические показатели и солнечный вклад

в районе строительства, определяющие рентабельность использования системы. В этом отношении весьма показателен опыт Израиля, где использование фотовольтаики в жилищном строительстве приобрело массовый характер. Новые жилые поселения, в обязательном порядке, изначально оборудуются системами фотовольтаики, стоимость которых входит в общую стоимость приобретаемых населением жилищ. Эта застройка окупается уже в течении трех лет эксплуатации, тогда как в самой Германии этот срок достигает 20 лет.

Широкое применение получили солнечные панели и в градостроительстве: световые фонари на улицах и шоссе, стоянках автомашин, пешеходных переходах. Места отдыха оборудуются световыми устройствами с использованием солнечных батарей. Такое развитие в значительной степени определяется учетом благоприятствующих факторов внешней среды (субтропический климат, средние температуры в январе 7...15 °С, “солнечность” страны в целом), расположением страны в условиях 30° с.ш. с высоким стоянием солнца и эффективностью солнечной радиации в холодный период года и, как следствие, снижением затрат на внедрение системы фотовольтаики.

Для Германии, расположенной на 50...55° с.ш., эти показатели намного хуже, а они приводят не к снижению затрат, а к их повышению. Низкое стояние солнца в холодный период, пасмурность погоды и облачность со значительным снижением числа часов солнечного сияния при малой энергетической эффективности радиации делает необходимым усиление потока солнечной радиации за счет использования оптических концентраторов, усиления мощностей солнечных батарей, увеличения их площадей и количества. Видимо, это обстоятельство является причиной того, что в Германии предпочтение отдается передаче накопленной электроэнергии, в основном, за летний и осенне-весенний периоды, в общую сеть с дальнейшим ее использованием в течении всего года. При этом сдача преобразованной солнечной энергии в сеть и ее дальнейшее использование через сеть практически определяются одним и тем же тарифом – примерно 24...25 евроцента на 1 кВт·ч.

Весьма примечателен и другой пример – в пустыне Атакама в Чили построена солнечная фотоэлектростанция, при этом цена кВт·ч составляет 10 евроцентов, т.е. в 2...2,5 раза дешевле, чем в Германии.

Для перспективного использования системы фотовольтаики, в сочетании с пассивными системами малоэтажных домов, раскрываются следующие предпосылки:

- подход к энергетике меняется во всем мире и эти изменения в финансовом плане становятся достижимыми потребителям, в том числе – фотовольтаика;
- объем производства солнечных панелей развивается бурными темпами – во всем мире они становятся наиболее затребованной солнечной технологией, отсюда и падение цен на фотовольтаику и возможности ее использования во многих развивающихся странах, в том числе и Армении;
- главное преимущество системы фотовольтаики заключается в том, что она весьма сходна с пассивными системами и обходится без использования сложного технического оборудования. При этом рационально решаются проблемы хранения электроэнергии, которая является универсальным источником многофункционального использования;
- они более адаптируемы к пассивным системам, в комбинации с которыми легко могут вписаться в малоэтажные жилища с автономным использованием системы фотовольтаики. По

существу, они могут сделать эти дома полностью электро- и энергонезависимыми, накапливая полученную электроэнергию с трехсуточным запасом в аккумуляторах или батареях, расположенных в самих жилищах, и использовать их по усмотрению и необходимости, в качестве дополнительного источника обогрева жилища в пасмурную погоду или в ночное время;

- такая система дает возможность накопленную электроэнергию использовать повседневно и не повышать емкость аккумуляторов, мощность солнечных батарей, их площади и количество, что является основой рентабельности домашней солнечной системы.

При домашней солнечной системе солнечные батареи могут располагаться в самих зданиях, подвешиваться в виде панелей на южных фасадах, на кровлях или крышах, если погодные условия позволяют и выпадение незначительного количества снега не требует постоянной очистки. Более целесообразно их использование в чердачных помещениях скатных крыш, раскрытых в южную сторону и защищенных от осадков. Возможность использования компактных панелей или модулей, оптимальные размеры которых и их количество могут быть определены из расчета для систем с пиковой мощностью до 20...30 кВт. Наиболее целесообразные решения достигаются при условиях, когда солнечные системы изначально предусматриваются в проектах жилищ, интегрируются с самим домом и принятые решения представляются как целостная структура, отвечающая всему комплексу требований.

Все же приходится констатировать, что по окупаемости в сравнении с традиционными источниками и здесь нужны соответствующие научно-технические и экономические показатели и их сопоставительная оценка с привлечением специалистов разного профиля, особенно в теплотехнической, электротехнической и иной частях, которые смогут доказать и перспективность использования этой системы в нашей практике.

Для нас эта проблема будущего, а ближайшие несколько лет необходимо развернуть строительство малоэтажного жилища социального типа, наделенного системами пассивного обогрева – их прямыми солнечными лучами. Что касается фотовольтаики, то более развернутые исследования этой проблемы и соответствующие обоснования в ближайшей перспективе также могут оказаться вполне реальными и легко адаптироваться в проектах и строительстве социального малоэтажного жилища с пассивными системами использования солнечной энергии. Солнечные дома пока что существуют на наших чертежах, схемах и расчетах, выгода проекта столь очевидна, что он просто обречен на воплощение в жизнь.

**Գ.Հ. Ռաշիդյան,  
Ա.Ռ. Ենգոյան,  
Մ.Լ. Թորմաջյան**

**ԷԿՈՆՈՄ ԴԱՄԻ ՍԱԿԱՎԱՀԱՐԿ ԿԱՑԱՐԱՆԻ ԱՆՄԻՋԱԿԱՆ ԱՐԵՎԱՅԻՆ  
ՏԱՔԱՅՄԱՆ ՊԱՄԻՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՐ ԵՎ ՖՈՏՈՎՈԼՏԱԻԿԱՅԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՀԵՏ ԴՐԱՆՑ  
ՉՈՒԳՈՐԴՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐԱՅԻՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ**

*Արևային էներգետիկայի ոլորտում միջազգային փորձի զարգացման և նվաճումների հիման վրա որոշվել են արևային էներգիայի օգտագործման պասիվ համակարգով սակավահարկ կացարաններում բարձր արդյունավետության ֆոտոէլեկտրական մարտկոցների և արևային*



լույսը անմիջականորեն էլեկտրական հոսանքի վերածող ֆոտովոլտաիկայի համակարգերի կիրառման հեռանկարներն ու հնարավորությունները:

Արևային էներգիայի օգտագործման խնդիրը դիտարկվում է «սակավահարկ կացարան և արևային էներգիա» փոխկապակցության մեջ, ինչը որոշում է Հայաստանի պայմաններում կացարանին ներկայացվող արդի պահանջների (հարմարավետություն, բարենպաստ միկրոկլիմա, խնայողականություն, տեսքի անհատականացում) համատեղումը տնտեսական նպատակահարմարության հետ:

Բացահայտվել ու գնահատվել են գործնականում փորձահավանության արժանացած և Հայաստանի պայմաններին հարմարեցված համակարգերը: Ներկայացված է ֆոտովոլտաիկայի համակարգերի և պասիվ համակարգերի համատեղ կիրառմանը նպաստող ճարտարապետաշինարարական լուծումների ընտրությունը, ինչը զգալիորեն բարձրացնում է արևային էներգիայի պաշարների օգտագործման արդյունավետությունը:

**Առանցքային բառեր.** արևային էներգիայի օգտագործման ակտիվ և պասիվ համակարգեր, սակավահարկ կացարան, ֆոտովոլտաիկա, արևահարում, արևաբնդունիչ

**G.H. Rashidyan,  
A.R. Engoyan,  
M.L. Tokmajyan**

#### **PASSIVE SYSTEMS OF DIRECT SOLAR HEATING IN LOW-RISE HOUSING OF ECONOMY CLASS AND PERSPECTIVE TASKS OF THEIR COMBINATION TO PHOTOVOLTAIC SYSTEM**

*Based on international experience in the development of solar energy and achievements in this area, the prospects and possibilities to use in low-rise housing with a passive system a new type of photovoltaic array of high efficiency, as well as photovoltaic systems that convert sunlight into electric current are determined. The problem of using solar energy is considered in relation to “low-rise housing and solar energy”, combining the demands of today’s housing (comfort, convenience, a favorable microclimate, economy, customizing appearance) with most effective means for Armenian conditions. From this point of view the most efficient systems which have been proven in practice are identified and assessed. Architectural and construction solutions which will significantly increase the efficiency of solar energy utilization by combining passive and photovoltaic systems are presented.*

**Keywords:** active and passive systems for the use of solar energy, low-rise housing, photovoltaic, insolation, suntrap

#### **Литература**

1. **Рашидян Г., Токмаджян М.** Учет природно-климатических особенностей при формировании народного жилища Армении в свете решения современных задач // Сборник научных трудов ЕГУАС. - Ереван, 2013. - Том II (49). - С.54-68.
2. **Рашидян Г., Токмаджян М.** Предпосылки и перспективы использования солнечной энергии при формировании малоэтажных типов жилищ с учетом специфики природно-климатических условий Армении // Известия ЕГУАС. - Ереван, 2013. - N5 (3). - С.13.



3. **Рашидян Г., Токмаджян М.** Задачи использования солнечной энергии в проектировании и строительстве новых форм социально доступного жилища для условий Армении // Сборник научных трудов ЕГУАС. - Ереван, 2013. - Том II (49). - С.54-68.
4. **Рашидян Г., Енгоян А., Токмаджян М.** Анализ зарубежного опыта разработки жилых зданий с использованием солнечной энергии с точки зрения определения рациональных и апробированных систем для применения в практике проектирования и строительства малоэтажного жилища в условиях Армении // Сборник научных трудов ЕГУАС. - Ереван, 2014. – Т.I. - С. 159-174.
5. **Рашидян Г., Енгоян А., Токмаджян М.** Основные положения и рекомендации по проектированию малоэтажного жилища с пассивной системой использования солнечной энергии в условиях Армении // Сборник научных трудов ЕГУАС. - Ереван, 2014. – Т.I. - С. 144-158.
6. **Рашидян Г., Енгоян А.** Предложения по солнечно-ориентированным типам жилых домов для горных районов Армении // Бюллетень строителей Армении. – 2002. - N11. - С. 27-37.
7. **Рашидян Г.** Новые формы социально доступного жилища для условий НКР. - Ереван, 2009. - 96с.

Работа осуществлена в рамках программы "Выявление, уточнение, разработка предложений и рекомендаций по внедрению путей устойчивого развития архитектурного и строительного комплексов РА с применением постоянного мониторинга" по базовому финансированию из госбюджета РА научной и научно-технической деятельности.

*Ռաշիդյան Գարրի Հայկի, ճ.դ., պրոֆ. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ակադեմիկոս Ալ. Թամանյանի անվ. ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, ւ.գ.ա., ճարտարապետական նախագծման և ճարտարապետական միջավայրի դիզայնի ամբիոնի վարիչ, (093)030426: Ենգոյան Աննա Ռոբերտի, ճ.թ., դոց. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ճարտարապետական նախագծման և ճարտարապետական միջավայրի դիզայնի ամբիոն, (091)400117: Թոքմաջյան Մուսեղ Լևոնի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ակադեմիկոս Ալ. Թամանյանի անվ. ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, կ.գ.ա., ճարտարապետական նախագծման և ճարտարապետական միջավայրի դիզայնի ամբիոն, ասպիրանտ, (099)008602, mushotok@yahoo.fr:*

*Рашидян Гарри Гайкович, д-р архит., проф. (РА, г. Ереван) - НУАСА, Проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. академ. Ал. Таманяна, с.н.с., зав. каф. Архит. проектир. и дизайна арх. среды, (093)030426. Енгоян Анна Робертовна, канд. архит., доц. (РА, г. Ереван) - НУАСА, каф. Архит. проектир. и дизайна арх. среды, (091)400117. Токмаджян Мушег Левонович (РА г. Ереван) - НУАСА, Проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. академ. Ал. Таманяна, м.н.с., каф. Архит. проектир. и дизайна арх. среды, аспирант, (099)008602, mushotok@yahoo.fr.*

*Rashidyan Garry Hayk, Doctor of Science (architecture), prof. (RA, Yerevan) - NUACA, Research Laboratory of Architecture and Construction by Academician Al. Tamanyan, senior scientific researcher, head of the chair of Architecture Drafting and Design of Architectural Environment, (093)03042. Yengoyan Anna Robert, doctor of Philosophy (Ph.D) in Architecture, associate prof. (RA, Yerevan) – NUACA, chair of Architecture Drafting and Design of Architectural Environment, (099)008602, mushotok@yahoo.fr. Tokmajyan Mushegh Levon (RA, Yerevan) - NUACA, Research Laboratory of Architecture and Construction by Academician Al. Tamanyan, junior scientific researcher, chair of Architecture Drafting and Design of Architectural Environment, postgraduate, (091) 400117.*

*Ներկայացվել է՝ 05.06.2014թ.*

*Ընդունվել է տպագրության՝ 05.09.2014թ.*