

# Опыт проектирования и строительства малоэтажных жилых домов с пассивными гелиосистемами в США

Москва, 1989

Типы жилых зданий.

Этапы проектирования солнечного дома.

Виды систем солнечного отопления.

Роль природно-климатических факторов в проектировании солнечного жилища.

Объемно-планировочные решения малоэтажных жилых домов с солнечным энергообеспечением.

Печатается с сокращениями.

Специалистами *AIA* и *HUD* по уровню использования ресурсов окружающей среды выделяются несколько типов жилых зданий (рис. 2):

- энергетически эффективное здание, теплотери которого сведены к минимуму за счёт выбора оптимального объёмно-планировочного решения и усиленной теплоизоляции;
- энергетически эффективное здание с усиленным поглощением солнечной радиации, но без устройств для аккумулирования полученного тепла;
- здание с минимальными энергопотерями, имеющее специальные системы поглощения, распределения и аккумулирования тепла (солнечный дом).

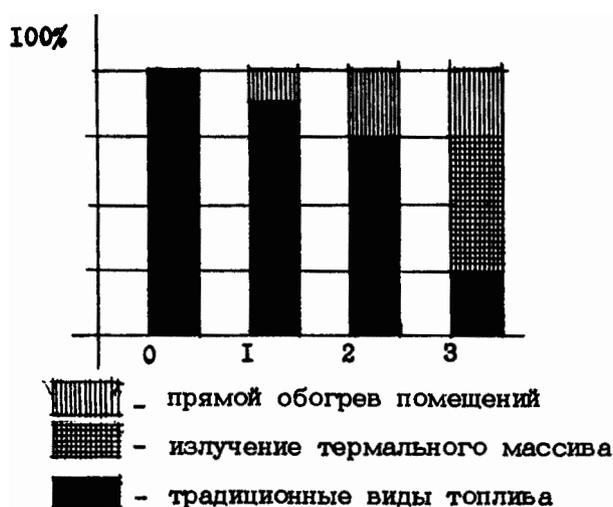


Рис. 2. Структура энергообеспечения жилых домов различных типов:

0 — традиционный жилой дом;

1 — здание с усиленной теплоизоляцией;

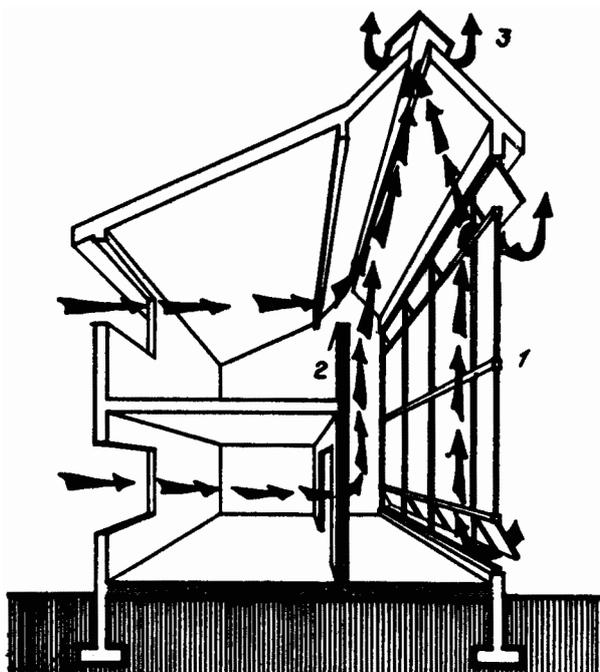
2 — здание с регулируемым теплопоступлением и усиленной теплоизоляцией;

3 — солнечный дом.

В соответствии с рекомендациями *HUD* и *AIA* к первому типу принадлежат все вновь проектируемые дома, так как этого требует новый экологический подход к проектированию жилой среды. Здания второго типа эффективно функционируют во всех районах США, хотя и требуют некоторого увеличения стоимости строительства. Здания третьего типа целесообразно строить в благоприятных климатических усло-

виях, так как применяемые в них технологические устройства значительно удорожают строительство. В настоящем обзоре термин «солнечный дом» употребляется применительно ко всем зданиям, в том или ином виде использующим солнечную энергию, как это принято в отечественной литературе.

Первым этапом проектирования солнечного дома считается выбор оптимальной формы здания. Как правило, рекомендуется компактная, близкая к квадрату форма плана с минимальным периметром наружных стен. Показателем компактности служит коэффициент, равный отношению площади наружных стен к внутреннему объёму здания. Для уменьшения поверхности наружных стен могут использоваться цилиндрические, полусферические и другие нетрадиционные формы. Для уменьшения энергопотребления пересматриваются многие нормативы проектирования ограждающих элементов здания, усиливаются их теплоизолирующие свойства путем применения более совершенных изоляционных материалов, ликвидации инфильтрации и продувания через дверные и оконные проёмы, применения тройного остекления в холодных районах. Большой эффект дает дифференциация помещений по энергопотребностям и режиму эксплуатации. Малоотопливаемые помещения (шкафы, кладовые, санузлы, гаражи и др.) рекомендуется размещать вдоль северной стены как буферные элементы.



**Рис. 3. Организация усиленной естественной вентиляции здания:**

1 — остекление южного фасада; 2 — массивные перекрытия и полы; 3 — фонарь верхнего света («солнечная труба») с регулируемыми вентотверстиями.

Особое значение при проектировании солнечного дома приобретают планировка участка и правильная ориентация. Для эффективного использования солнечной радиации южная стена или кровля жилого дома должны облучаться прямыми солнечными лучами с 9.00 до 15.00 даже в самый неблагоприятный день. Для этого солнцезащитный фасад должен быть ориентирован на юг с отклонением не более чем на 10—20°. В тесной городской застройке возникает юридическая проблема защиты южных фасадов солнечных домов от затенения. Уже были прецеденты судебного разбирательства случаев нового строительства на соседних участках, в ре-

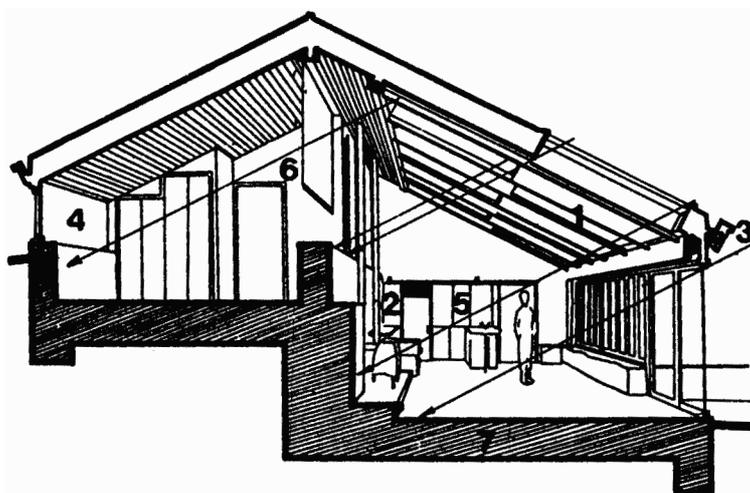
зультате которого возникали помехи функционированию коллекторов [6].

В жарких районах требуется усиленная естественная вентиляция здания от защиты от летнего перегрева. Рекомендуемый ориентировочный воздухообмен в солнечном доме составляет 0,5 от общего объёма здания в час. Хорошая организация воздушных потоков в здании является основой распространения полученного тепла по помещениям за счёт естественной конвекции. Это достигается созданием вертикальных воздушных потоков в двухсветных пространствах атриумов, холлов, повышенных частях жилых комнат (рис. 3). Использование принципа «солнечной трубы», положенного в основу всех этих решений, является причиной обилия в американском жилище двухсветных пространств, верхних окон, фонарей верхнего света.

Выполнение перечисленных выше мероприятий практически не удорожает строительство, а лишь оптимизирует его результаты. Только сведя таким образом к минимуму энергопотребности здания, можно думать о проектировании каких-либо технологических устройств.

По способу преобразования солнечной энергии наиболее распространено разделение солнечных систем на пассивные и активные. Их подробная характеристика, данная Д. Уотсоном [1], соответствует принятым в отечественной литературе классификациям.

**Пассивные системы** используют модификацию традиционных элементов здания для накопления и распределения тепла. Они требуют незначительного дополнительного оборудования и поэтому более экономичны, хотя и недостаточно производительны. Для эксплуатации их не требуется специального обслуживающего персонала.



**Рис. 4. Солнечный дом с прямым обогревом помещений:**

1 — проём в южном скате кровли с солнцезащитными жалюзи; 2 — камин; 3 — контролируемая рулонная теплоизоляция; 4 — суперизолированная северная стена; 5 — утеплённый выход; 6 — рулонная перегородка; 7 — массивное основание.

**Активные системы**, даже простейшие, включают значительный арсенал технических средств (плоские водяные и воздушные коллекторы, специальные аккумуляторы тепла, системы распределения тепла и контроля за теплопоступлением), что удорожает строительство и требует квалифицированного монтажа. В реальной практике мы обычно встречаемся с комбинацией различных систем и планировочных приёмов.

Типологические исследования американских специалистов позволяют объединить все виды пассивного энергообеспечения в 3 основные группы [8, 9]:

прямой обогрев помещений через различные типы остеклений южного фасада; витражи и окна, фонари верхнего света, вертикальные окна, расположенные в верхней части двухсветного пространства и др. (*direct gain*);

нагревание наружного термального массива типа стены Тромба (*indirect gain*);

нагревание изолированного объёма, тёплый воздух из которого затем распространяется по всему объёму здания (*isolated gain*).

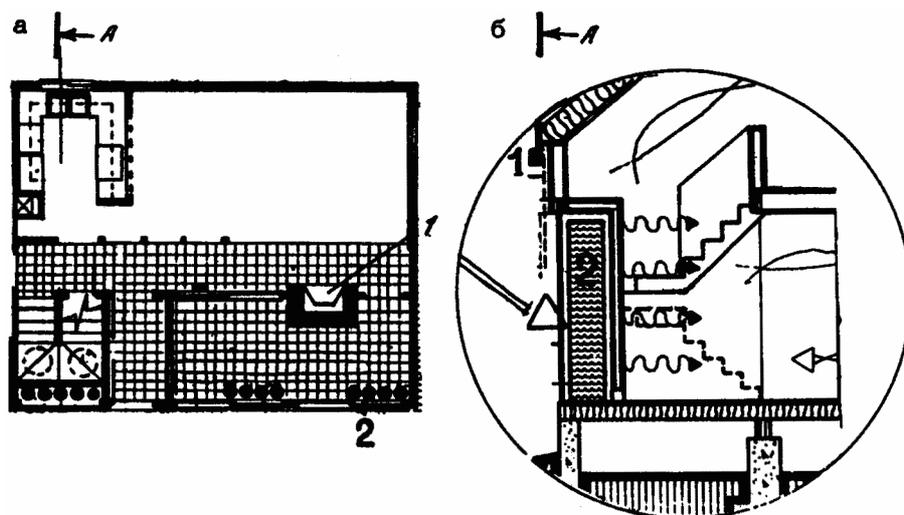


Рис. 5. Внутренние термальные массивы:

а — аккумулирующие массивы в теплице:

1 — камин; 2 — полиэтиленовые трубы с водой:

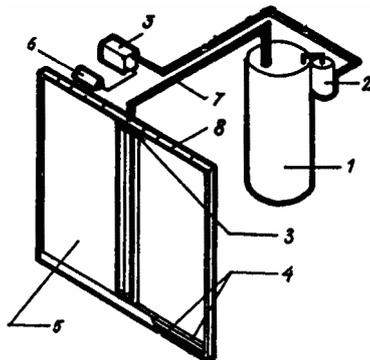
б — разрез:

1 — рулонная теплоизоляция; 2 — полиэтиленовая труба-аккумулятор.

**Прямой обогрев** — наиболее простой, исторически сложившийся вид солнечного отопления (рис. 4). Он требует ориентации основных помещений на юг. Избытки тепла аккумулируются внутренним термальным массивом: кирпичными или каменными полами, внутренними стенами, каминами, ёмкостями с водой или другими жидкостями (рис. 5). Оптимальное расположение массива — в зоне непосредственной радиации, что в несколько раз увеличивает его аккумулирующую способность. Отсюда необычное расположение каминов и просто массивных элементов: непосредственно в структуре витража, сразу за остеклением. Ориентировочно рекомендуется на 1 м<sup>2</sup> остекления иметь 1 м<sup>3</sup> термального массива с теплопоглощающей поверхностью, позволяющей сохранять 30 БТЕ на каждый градус  $F$  [8].

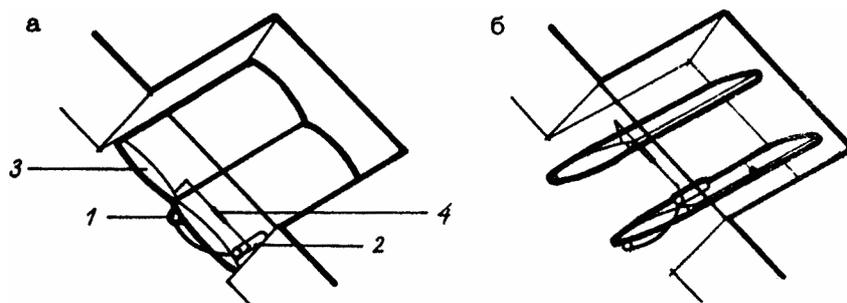
Необходимым элементом в солнечных системах этого типа является надёжная система теплоизоляции и солнцезащиты помещений. Для этого используются стационарные или подвижные жалюзи, зашторивание, специальные занавеси, свесы кровель и пр. На рис. 6, 7 изображены широко распространённые в США система теплоизоляции оконных проёмов *Beadwall* и система теплоизоляции фонарей верхнего света *Skylid* [1]. В системе *Beadwall* теплоизоляционный слой создаётся за счёт впрыскивания в пространство между стёклами специального состава, в системе

*Skylid* защита фонарей верхнего света осуществляется при помощи поворотных жалюзи. Вместо стекла часто используется фиброглас и другие многослойные материалы.



**Рис. 6. Система теплоизоляции оконных проёмов *Beadwall*:**

1 — ёмкость для хранения жидкости; 2 — вакуум-насос; 3 — контрольный клапан; 4 — дренажные отверстия; 5 — двойное остекление; 6 — термостат; 7 — трубопровод; 8 -вентотверстие.

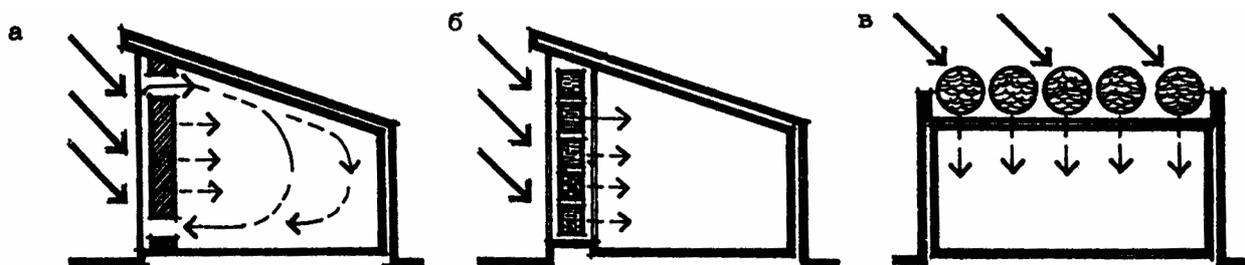


**Рис. 7. Система теплоизоляции фонарей верхнего света *Skylid*:**

а — жалюзи в закрытом положении:

1 — внутренняя канистра; 2 — наружная канистра; 3 — поворачиваемый элемент; 4 механизм поворота;

б — жалюзи в открытом положении.



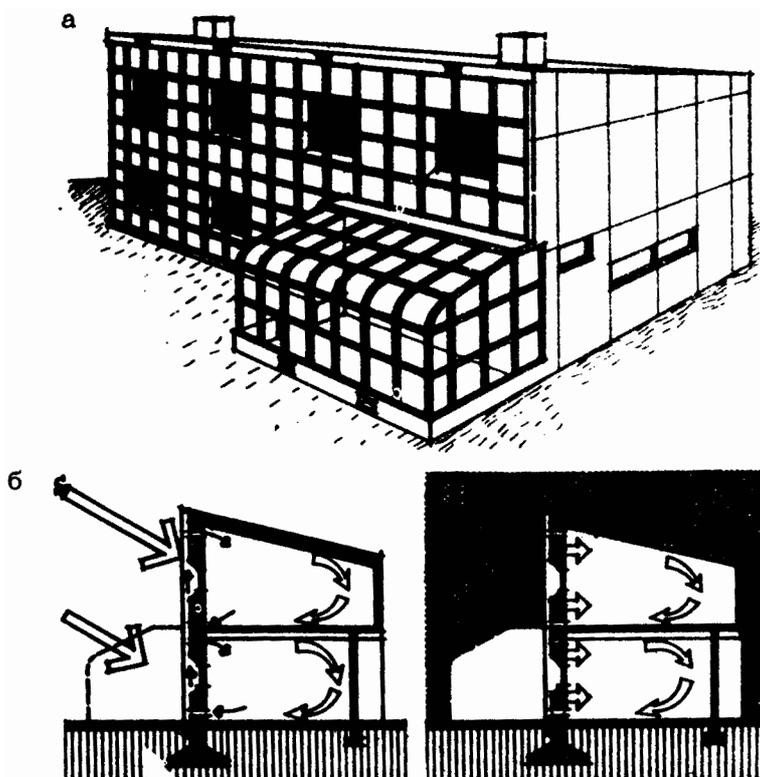
**Рис. 8. Типы наружных термальных массивов:**

а — стена Тромба;

б — система *Drumwall*;

в — термопруды.

**Нагревание наружного термального массива** широко используется в жилых домах с пассивными солнечными системами. Наиболее известный вариант этого массива — так называемая *стена Тромба* представляет собой бетонную, кирпичную или каменную стену, размещаемую на южном фасаде и окрашенную в тёмный цвет. На небольшом расстоянии от стены делается стеклянная облицовка с подвижной теплоизоляцией. Теплоносителем является воздух, нагреваемый в прослойке между стеной и облицовкой. Он нагревает стену, которая постепенно излучает полученное тепло в помещение. Таким образом, в этой конструкции совмещаются функции коллектора и аккумулятора. Для циркуляции воздуха имеются специальные клапаны. Термальным массивом могут также служить ёмкости с водой, размещённые на плоской кровле здания («термопруды») или в структуре вертикальной стены, как, например, металлические барабаны с водой в системе *Drumwall* (рис. 8).



**Рис. 9.** Схема функционирования пристроенной к дому теплицы в сочетании со стеной Тромба:

а — общий вид;

б — разрез и принцип действия системы днём (слева) и ночью (справа).

Нагрев изолированного остеклённого объёма практически является модификацией прямого обогрева, но в американской специальной литературе выделяется в силу чрезвычайной распространённости этого приёма. Остеклённый объём теплицы, атриума, оранжереи может примыкать к южному фасаду дома либо встраиваться в него. Нагреваемый в теплице воздух распространяется по остальным помещениям путём естественной конвекции или по каналам с механическим побуждением и несложной системой датчиков. Обычно это термостат, который регулирует открытие клапана, когда температура воздуха в теплице достигает требуемой. Аккумуляция тепла осуществляется внутренним термальным массивом аналогичным уже опи-

санным. Помещение теплицы или атриума может быть полностью изолировано от дома. При правильной организации режима эксплуатации оно может использоваться для нужд семьи (рис. 9). Д. Уотсон считает атриум (зимний сад) важнейшим элементом солнечного дома, который служит буферной зоной между интерьером и наружной средой [7].

Отопление зданий при помощи пристроенных оранжерей широко используется при реконструкции жилых домов, даже многоквартирных, особенно для семей с низким доходом. Анализ и методика прогнозирования функционирования теплиц с помощью компьютеров, определение параметров систем с прямым солнечным обогревом, оптимального соотношения площади остекления и площади пола здания приводятся в одном из изданий *ASES* [7].

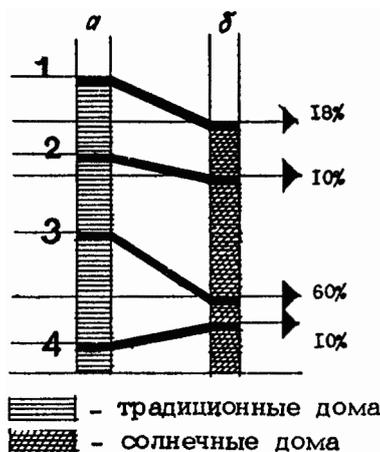
Обслуживание пассивных систем в малоэтажном жилом доме должно быть очень простым, так как часто владельцы не в состоянии справиться со сложными устройствами. По мнению американских специалистов владелец должен тратить на это не более 15 минут в день (открыть и закрыть жалюзи, поднять рулонную теплоизоляцию, открыть или закрыть вентиляционное отверстие). Тем не менее, опросы, проводимые *ASES*, показывают, что многие домовладельцы даже это считают для себя обременительным, несмотря на предлагаемые государством дотации.

В солнечных жилых домах редко встречается одна какая-либо система в чистом виде. К упомянутым типам пассивных систем обычно присоединяются несколько коллекторов активного типа, хотя бы для горячего водоснабжения. Сейчас наблюдается тенденция к ограничению количества активных коллекторов в массовых жилых домах, особенно для малоимущих слоёв населения, хотя именно для них важно сократить затраты на отопление. Как показал опыт строительства 50—60-х годов обслуживание большой остеклённой плоскости коллекторов не под силу среднему владельцу. Возникают проблемы коррозии, течи коллекторов, разрегулировки системы контроля, очистки стёкол от грязи, снега и дождя и мн. др. В большинстве солнечных домов имеется дублирующий источник энергообеспечения.

Важнейшей задачей американские специалисты считают выработку методики оценки вклада солнечной системы в энергетический баланс здания. В окончательном виде доля солнечной энергии обычно выражается в процентах, соответствуя коэффициенту замещения нагрузки, используемому в наших расчётах. В публикуемых проектах солнечных жилых домов с комбинацией пассивных и активных систем доля солнечной радиации в удовлетворении энергопотребностей дома колеблется от 80% (в районах с максимальным уровнем радиации) до 40% (в северных районах). Это даёт возможность хотя бы ориентировочно определить эффективность действия солнечной системы.

В основу расчётов кладётся не непосредственная, «сиюминутная» экономия, а стоимостный анализ на протяжении всего срока функционирования системы, который ориентировочно составляет 20 лет. В работе Д. Уотсона [1] приводится сопоставление стоимости функционирования обычного и солнечного домов за этот срок (рис. 10). Оно показывает, что, хотя применение солнечной системы даёт увеличение капитальных затрат на строительство на 10% и на столько же — затрат на эксплуатацию, это увеличение компенсируется сокращением на 60% расходов на отопление. Конечная экономия в этом случае составила 18%. По данным публикаций *ASES*, затраты на традиционное топливо при использовании солнечной системы могут быть сокращены на 50—70% при увеличении капитальных затрат на строительство всего на 3%. Последняя цифра кажется слишком оптимистичной, так как в настоящее время стоимость установки стены Тромба, например, составляет до 2000 долл., не говоря о дополнительных затратах на усиленную теплоизоляцию. Однако главным дости-

жением американские специалисты считают всё же социально-экологический эффект, достигаемый за счёт использования ВИЭ.



**Рис. 10. Сопоставление затрат на строительство и эксплуатацию традиционных и солнечных домов за 20 лет эксплуатации (по Д. Уотсону):**

а — традиционные дома;

б — солнечные дома;

1 — общие расходы за 20 лет; 2 — эксплуатационные расходы; 3 — затраты на отопление и горячее водоснабжение; 4 — затраты на строительство.

Американский опыт использования различных солнечных систем широко анализируется в отечественной специальной литературе [12, 13, 14, 15], в частности при обосновании аналогичных предложений для нашей страны.

### **Роль природно-климатических факторов в проектировании солнечного жилища**

Проектирование жилища в США проводится на основе строго учёта природно-климатических особенностей региона с использованием достижений традиционного строительства. Основы подобного подхода были заложены ещё Ф. Л. Райтом<sup>1</sup>. Этот подход широко используется в отечественной практике [16, 17].

Разница в природно-климатических условиях США довольно значительна благодаря обширности территории, сложности рельефа и влиянию прилегающих океанов. Север страны лежит на 45° с.ш., юг — на 26° с.ш. Горные цепи Кордильер проходят с севера на юг вдоль тихоокеанского побережья. Атлантическое побережье отрезается от внутренних районов Аппалачскими горами. В результате только узкая полоса вдоль Тихого океана и юго-восточное побережье имеют тёплый морской климат. В большинстве остальных районов преобладают различные вариации континентального климата. В соответствии с общепринятой терминологией, климат большей части территории США может быть определён как умеренный. Однако в специальных изданиях HUD, посвящённых вопросам территориально-климатического районирования, используются термины «холодный», «умеренный», «жаркий» климат применительно только к территории США. В дальнейшем мы и воспользуемся этой терминологией.

Научно-исследовательской корпорацией AIA совместно с Национальным климати-

<sup>1</sup> Frank Lloyd Wright as Environmentalist // Architectural Design.— 1967.— vol. XXXVII, N 4.

ческим центром США разработана схема территориально-климатического районирования страны, определяющая оптимальные параметры и характеристики жилых домов в различных районах. В отличие от требований территориальной группировки по СНиП в нашей стране, эти рекомендации не являются обязательными ни для проектировщиков, ни для застройщиков.

Всю территорию США можно разделить на 4 большие зоны: холодного, умеренного, жаркого сухого и жаркого влажного климата.

**Зона холодного климата** охватывает Северо-Восточные районы (так наз. *Новая Англия*), северные внутренние районы на границе с Канадой, некоторые горные области, лежащие выше отметки 2—2,5 тыс. м выше уровня моря. Это наиболее суровые районы страны с низкими зимними температурами, ранними заморозками осенью, глубоким снежным покровом, сильными зимними ветрами, дующими с Великих равнин. На побережье Новой Англии ещё ощущается влияние Гольфстрима, а в самых северных точках внутренних районов средняя температура января —18°C, причём абсолютный минимум доходит до —50°C. Средняя температура июля 18°C. 75% времени в году здесь требуется отопление и совсем незначителен период, когда жилые помещения следует защищать от перегрева.

Индейцы, коренное население этих районов, оставили интересные памятники жилой архитектуры: длинные коллективные дома ирокезов, подземные жилища индейцев Северной Дакоты. Район Новой Англии первым подвергся колонизации. Первые переселенцы строили здесь компактные рубленые жилые дома и хижины, хорошо сохраняющие тепло. До сих пор распространены компактные объёмы с ассиметричными двускатными кровлями типа *Salt box* и *Cape cod*. Крутой скат кровли был ориентирован на юг, более длинный, пологий — на север, так как он лучше противостоял снеговой и ветровой нагрузке. Подвальные и цокольные этажи, чердаки усиленно утеплялись, вход в дом был организован через тамбур. Городские дома блокировались для уменьшения теплопотерь. Основные проёмы, защищённые ставнями, были ориентированы на юг. Объёмно-планировочные решения этих традиционных домов служат основой для проектирования солнечных домов в холодном климате США.

Особо следует выделить территорию Аляски, коренное население и природно-климатические условия которой имеют много общего с крайними северо-восточными районами Сибири. Спецификой этих районов является большое количество солнечных дней, несмотря на суровый климат. Вопросы модернизации традиционного эскимосского жилища, в том числе включение некоторых солнечных устройств в их структуру подробно рассмотрены в работах американского специалиста *Hai-Toh Lim*, примеры таких жилых домов приводятся в работе А. Н. Сахарова [18].

**Зона умеренного климата** включает обширные пространства Великих равнин, Средний Запад, межгорные плато, бассейны рек. Здесь господствует континентальный климат с морозной сухой ветреной зимой и тёплым сухим летом, с большими колебаниями сезонных температур. Средняя температура января в районе Великих равнин —2—4°C, абсолютный минимум на плато доходит до —35°C. В летнее время часты суховеи, пыльные бури, грозовые дожди. В зимнее время требуется защитить дома от ветра и холода, в летнее — от пыли и дождя. В связи с особенностями процесса колонизации сельские типы жилых домов здесь сложились раньше городских и оказали на последние заметное влияние. Традиционный тип сельского жилого дома — ферма (ранчо), состоящая из нескольких объёмов, сгруппированных вокруг открытого двора. Свободная планировка комплекса обеспечивала возможность дальнейшего развития и, в случае необходимости, организации защиты от внезапного нападения извне.

**Зона жаркого сухого климата** охватывает значительные территории юго-западных районов США. Во многих из них климатические условия близки к пустынным. Это южная часть Калифорнии, штаты Аризона, Невада, Нью-Мексико, некоторые районы Колорадо. Для них характерны исключительно жаркое сухое лето и умеренно холодная зима со значительными перепадами суточных температур. Главной задачей жилища здесь является защита от летнего перегрева. В большинстве этих районов можно жить без отопления большую часть года, в них фиксируется наибольший в стране уровень солнечной радиации (85% солнечных дней). Именно здесь, в южной Калифорнии, сделаны первые попытки использовать солнечную энергию для получения тепловой энергии и построены первые солнечные дома.

В юго-западных штатах имеется значительный опыт мексиканского и индейского жилища, приспособленного к агрессивному влиянию окружающей среды. Это компактные каменные или глинобитные поселения индейцев — пуэбло, скальные и подземные жилища и др. Например, в Нью-Мексико сохранились остатки Пуэбло Бонито, построенного в 919—1180 гг., в котором жило около 1200 жителей. Полуциркулярная структура пуэбло (диаметр 170 м) имела четыре постепенно уменьшающихся яруса, ориентированных на юг. Планировка жилых домов и расположение проёмов в них были таковы, что зимой они получали больше солнечной радиации, чем летом. В результате внутренняя температура помещения была сбалансирована. Глинобитные жилые дома были известны индейцам ещё до завоевания страны испанцами в 1540 г. Завоеватели внесли в архитектуру местного жилища многие черты, характерные для жарких районов Испании: обрамлённые галереями внутренние дворы, бассейны и фонтаны, увлажняющие микроклимат, и многое другое.

**Зона жаркого влажного климата** территориально наименее значительна. Это юг атлантического и тихоокеанского побережья. Наиболее ярко выражен этот тип климата на юге полуострова Флорида. Здесь самые благоприятные для проживания климатические условия, почти весь год позволяющие жить без отопления. В то же время требуется защита от влажности и летнего перегрева при помощи сквозного проветривания помещений, вентиляции крыш и чердаков. Наиболее распространена павильонная планировка домов с выделением кухонь и прачечных в отдельный блок. Характерно сочетание в одном здании лёгких и массивных конструкций, раздвижных перегородок. В массивных стенах (обычно каменных) обеспечивается защита от жары, в лёгких — проветривание. Широко применяются приёмы, интенсифицирующие естественные процессы вентиляции: увеличение высоты отдельных помещений, размещение оконно-вентиляционных блоков в верхней части здания.

Влажный и тёплый климат севера тихоокеанского побережья имеет свои особенности, связанные с обилием тумана, дождя, ветра. Здесь используется компактная «кластерная» планировка посёлков. Жилые здания стараются не располагать на вершинах холмов, предпочитая заглублять их в склоны. Жилые помещения обычно размещаются выше «пояса тумана» во избежание их переувлажнения. Потребности в отоплении могут быть удовлетворены даже диффузной радиацией. В строительстве широко используются твердые породы дерева — красное дерево, твердая ель. Именно здесь сложился своеобразный «гонтовый стиль», характерный для начала нашего века.

Специфика проектирования и эксплуатации солнечных домов в различных районах США изучается специальными научными центрами. Они функционируют по эгиде министерства энергетики США обычно совместно с какими-либо некоммерческими общественными объединениями и ставят своей целью быстрейшую реализацию планировочных и технологических решений в области применения ВИЭ. Южный региональный центр солнечной энергии находится в Алабаме, северо-восточный — в Бостоне. Он функционирует совместно с Северной энергетической корпорацией.

Как видим, даже в традиционном жилище природно-климатические условия значительно изменяют облик дома. Сходство типов народного жилища в различных частях света говорит об объективности закономерностей. Особенно важна климатическая дифференциация при проектировании жилых домов, использующих солнечную радиацию.

### **Объёмно-планировочные решения многоквартирных жилых домов с солнечным энергообеспечением**

Одноквартирные жилые дома отличаются наибольшим разнообразием объёмно-планировочных решений. Благодаря свободному размещению на участке и отсутствию затенения соседними зданиями они могут иметь любую форму плана и ориентацию. Исползованию в них пассивного солнечного энергообеспечения способствует характерное для американского жилища свободное построение внутреннего пространства и отсутствие жёсткой фиксации помещений в зоне дневного пребывания. Это облегчает процесс естественной конвекции нагретого воздуха, являющийся основой пассивного солнечного отопления. Кроме того, в США отсутствуют санитарные ограничения на освещение помещений, даже жилых, вторым светом, на размещение жилых комнат ниже уровня земли, а иногда и просто в земле. Всё это позволяет проектировщикам с гораздо большей свободой относиться к объёмно-планировочной организации жилого пространства, хотя многие решения и кажутся подчас спорными.

В специальной литературе подробно описывались американские солнечные дома, построенные в 1930—70 гг. [1, 2, 3, 4]. Не рассматривая эти, уже известные здания, остановимся на постройках и проектах последних десяти лет, публикуемых в периодических изданиях *HUD*. Разнообразные типы одноквартирных солнечных домов можно свести к трём основным принципиальным схемам: компактной, линейно-широтной и павильонной.

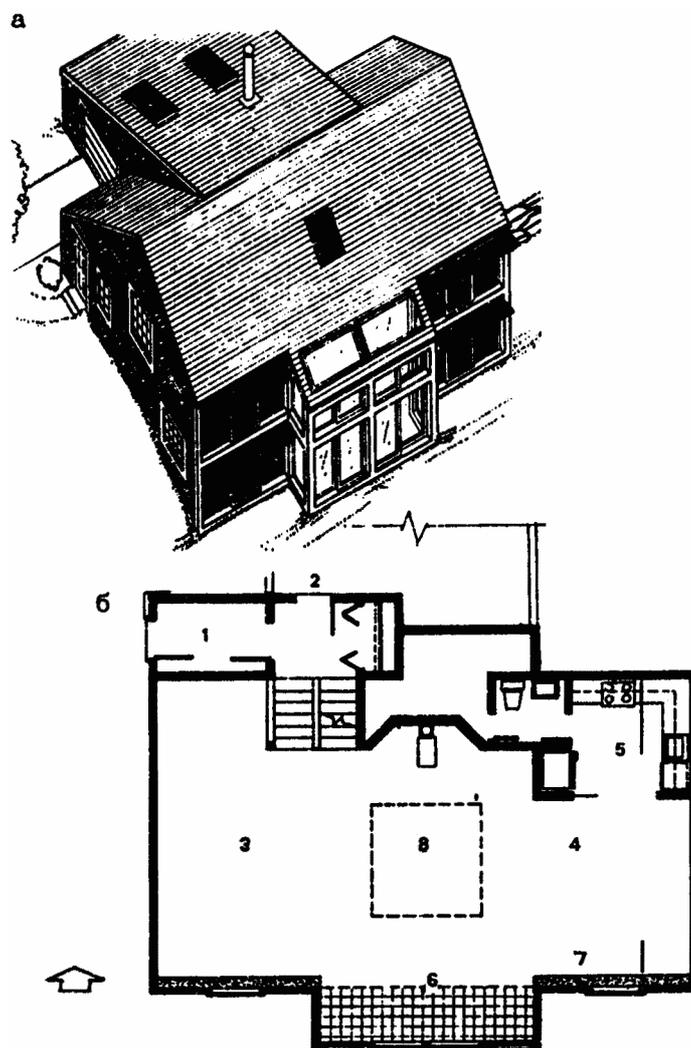
Теоретически компактные жилые дома наиболее характерны для северных районов: линейно-широтные — для южных, где используется прямой обогрев помещений, а павильонной структуры — для жаркого влажного климата, где требуется усиленное сквозное проветривание. Однако практически эти решения тесно переплетаются, так как в основу проектирования солнечного жилого дома кладётся требование его максимальной термальной изолированности. В связи с этим компактные схемы рекомендуются и для жаркого климата, чтобы обеспечить минимум тепlopотуплений. В особые группы выделены заглублённые в грунт дома и массивные дома для пустынных районов в силу специфичности их объёмно-планировочных решений.

#### **Компактные жилые дома**

Компактные планировочные схемы основаны на традиционных решениях домов первых поселенцев Новой Англии. Обычно это 2-этажный объём, перекрытый скатной кровлей. На 1-ом этаже — единое пространство общей комнаты—столовой—кухни, к которым с северной стороны примыкают хозяйственные помещения и гараж для организации защитной буферной зоны. На 2-м или мансандрном этаже — спальня комнаты.

Американские специалисты считают, что в холодном климате активные системы могут функционировать незначительную часть года, поэтому их рационально использовать лишь для сезонного горячего водоснабжения. Пассивные системы работают постоянно даже в условиях рассеянной радиации. Поэтому в солнечных домах, проектируемых для северных районов США, основными накопителями тепла служат

теплицы, атриумы, наружные термальные массивы типа стены Тромба.



**Рис. 11. Компактный жилой дом для холодного климата (шт. Массачусетс):**

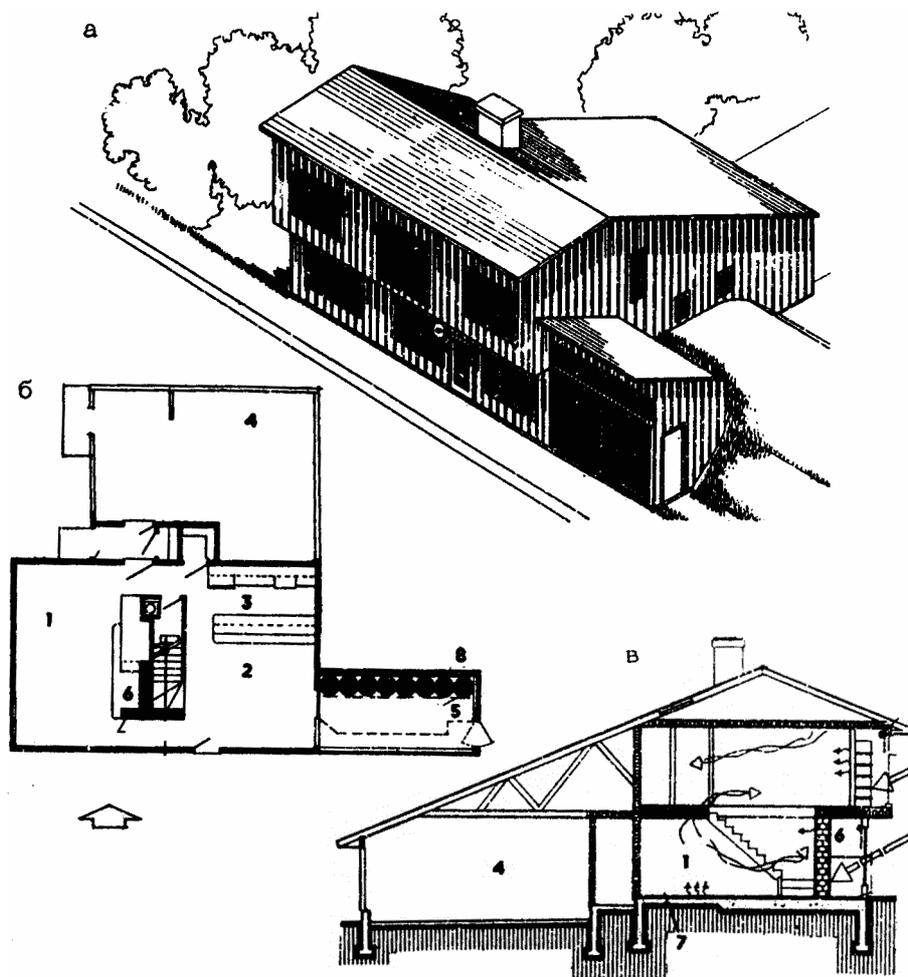
**а** — общий вид с южной стороны;

**б** — план 1-го этажа:

1 — тамбур; 2 — вход в гараж; 3 — гостиная; 4 — столовая; 5 — кухня; 6 — теплица; 7 — стена Тромба; 8 — отверстие в потолке.

Прекрасным примером соединения современных технологических решений и традиционной объёмно-планировочной структуры является 2-этажный дом в штате Массачусетс, в районе с сохраняемой исторической застройкой (рис. 11). В холодном климате Массачусетса требовалось максимально изолировать все элементы здания. Компактный 2-этажный дом с северной стороны слегка заглублён в склон и защищён от холодных ветров гаражом. Вход в дом — через тамбур с промежуточного уровня. Единое пространство 1-го этажа ориентировано на юг, в нём выделена кухня посредством использования раздвижной перегородки. В центре общей зоны находится оранжерея, которая может быть изолирована при помощи управляемой вручную драпировки. Накопление тепла происходит в простенках южного фасада по типу стены Тромба: бетонные стены толщиной 30 см покрашены снаружи в чёрный цвет и

остеклены. Воздух циркулирует через вентотверстия на уровне пола и под потолком 1-го этажа. Излишки тепла поглощаются массивным бетонным основанием, покрытым тёмной керамической плиткой. В центре главного помещения находится отверстие в перекрытии (2,0x2,5 м), через которое тёплый воздух поднимается на верхний уровень, обогревая спальни. Благодаря окну верхнего света в кровле этим же способом осуществляется активная вентиляция здания в летнее время. Отапливаемая площадь дома около 200 м<sup>2</sup>.



**Рис. 12. Компактный жилой дом с пристроенной теплицей для холодного климата:**

**а** — общий вид;

**б** — план 1-го этажа;

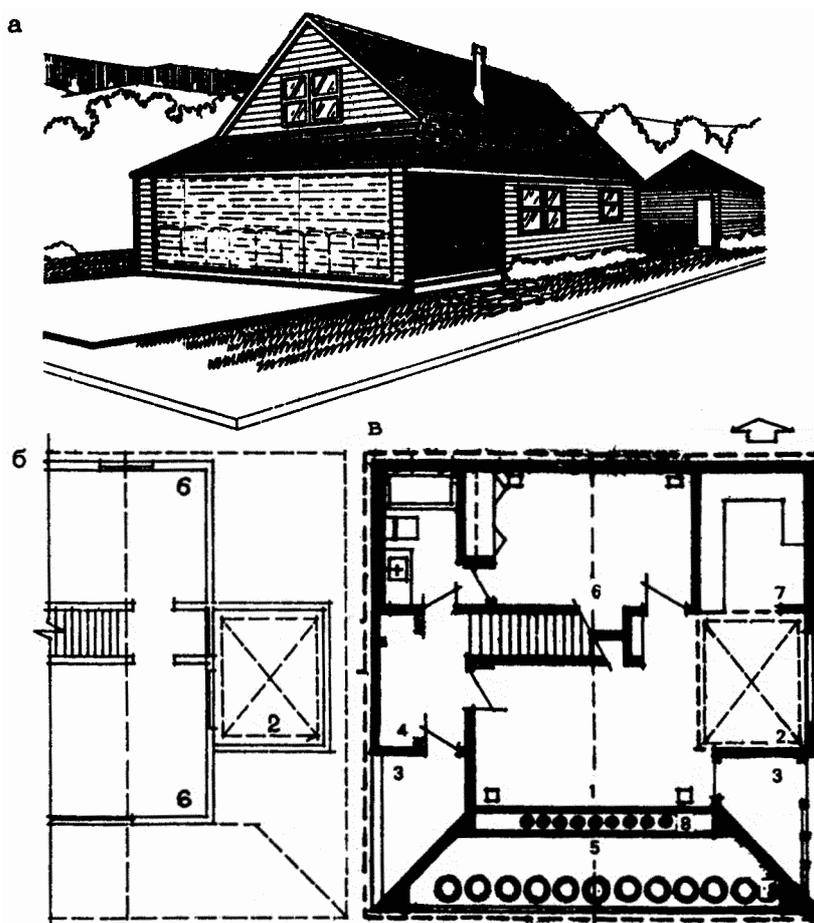
**в** — разрез;

1 — гостиная; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — гараж; 5 — теплица; 6 — стена-аккумулятор; 7 — массивное основание; 8 — полиэтиленовые трубы с водой.

Жилой дом в штате Нью-Гемпшир также спроектирован для холодного климата (рис. 12). Он является частью группы из 12 домов, расположенных на склоне, северная часть которого защищена сосновой рощей. В этом компактном здании с традиционной скатной кровлей комбинируется непосредственный обогрев помещений 1-го этажа с получением тепла в примыкающей к дому, встроенной в склон теплице. Аккумулятором тепла в ней служат вертикальные фибергласовые трубы с водой, окра-

шенные в чёрный цвет, а в жилых помещения 1-го этажа — массивные стены, ограждающие лестницу, и бетонное основание. Стена толщиной 30 см и длиной 2,5 м расположена сразу за южным проёмом. В спальнях 2-го этажа аккумулятором поступающей через проёмы радиации служат ёмкости с водой в специальных нишах. Функционирование системы обеспечивается при помощи подвижных жалюзи под свесами кровли и на плоскости остекления теплицы, раздвижной двери между теплицей и жилым пространством, а также вентиляцией через лестницу и фонарь верхнего света в крыше.

Компактные жилые дома строятся и в районах с более благоприятным климатом, например, на атлантическом побережье США. В этом случае форма плана позволяет обеспечивать стабильный микроклимат дома. Интересен экономичный дом традиционной формы в реконструируемом центре г. Ричмонд (рис. 13).



**Рис. 13. Жилой дом в историческом центре г. Ричмонд:**

а — общий вид;

б — фрагмент плана мансарды;

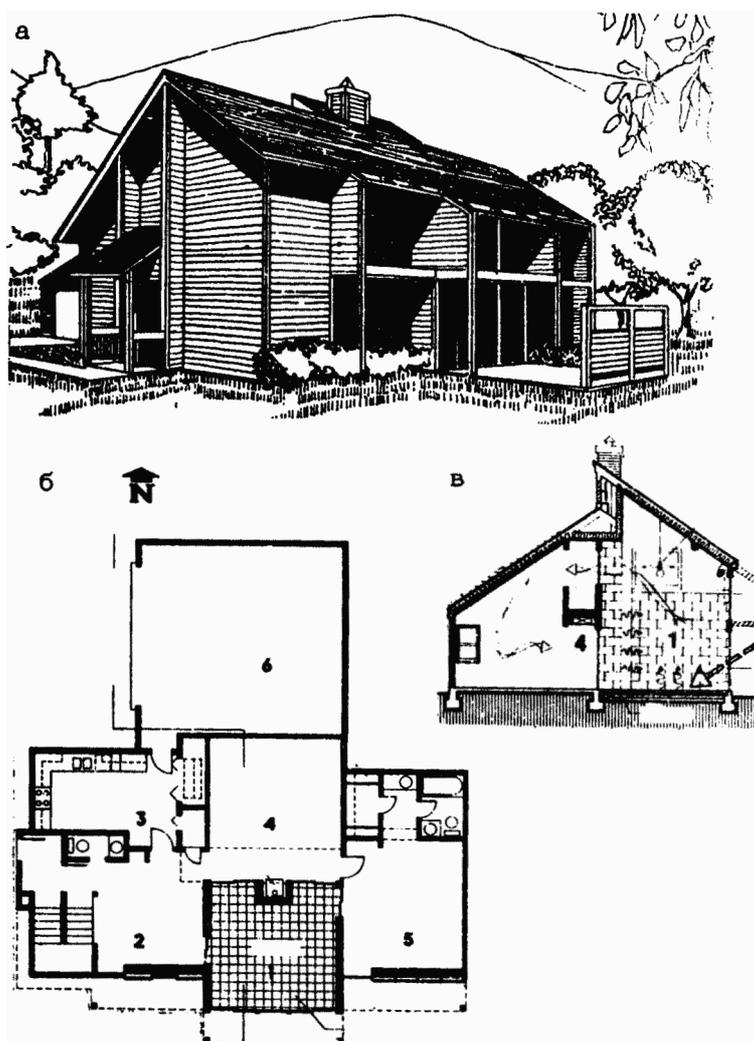
в — план первого этажа;

1 — гостиная; 2 — двухсветный столовый альков; 3 — вход; 4 — прихожая; 5 — теплица; 6 — спальня; 7 — кухня; 8 — фибергласовые ёмкости с водой.

Городской совет здесь явился инициатором разработки программы реконструкции центральных районов, помогая жителям в приобретении участков, обеспечивая их

консультациями специалистов по выбору энергетической системы.

В соответствии с характером окружающей застройки дом внешне решён как коттедж со вторым мансардным этажом. Южный фасад занят оранжереей, в которой роль коллекторов и аккумуляторов тепла играют фиброгласовые цилиндрические ёмкости с водой. Центром дома является гостиная, освещаемая вторым светом через оранжерею, столовую и лоджию, вертикальная вентиляция обеспечивается через двусветный столовый альков. Площадь этого экономичного дома — 100 м<sup>2</sup>.



**Рис. 14. Жилой дом с центральным атриумом (шт. Алабама):**

а — общий вид;

б — план 1-го этажа;

в — разрез:

1 — атриум; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — гостиная; 5 — спальня; 6 — гараж.

В группе из 144 солнечных домов для семей со средним и высоким доходом в южном штате Алабама основными задачами были организация естественной вентиляции и уменьшение теплопотуплений в жаркое время. На рис. 14 изображён один из домов этой группы. Основным накопителем тепла служит остеклённая оранжерея — атриум. Избыточное тепло аккумулируется кирпичными внутренними стенами, ками-

ном и массивным основанием. Усиленная естественная вентиляция в жаркое время организована через фонари верхнего света. На внутренней поверхности стеклянного витража размещена подвижная рулонная теплоизоляция. Когда температура в атриуме поднимается выше 27°C, термостат автоматически открывает вентотверстие, и тёплый воздух начинает поступать в другие помещения дома.

### **Дома, заглублённые в грунт**

В последние годы широкую популярность в США получила идея заглубления компактного здания в землю. Благодаря теплоизолирующим свойствам грунта такое здание сразу приобретает большую энергетическую автономность, независимость от погодных условий. Прототипами таких решений в какой-то степени могут служить подземные и скальные жилища местного индейского населения.

Распространёнию подобных решений способствует улучшение качества гидроизоляционных материалов и систем инженерного оборудования (вентиляции, дренажа и т. д.). Основными требованиями к участку для заглублённого дома являются наличие сухих, не склонных к эрозии, желательно песчаных почв, низкий уровень грунтовых вод, наличие рельефа, небольшая относительная влажность воздуха. Конструктивные и технологические вопросы проектирования заглублённых домов подробно освещены в работе [19].

Рассмотрим несколько примеров подобных зданий.

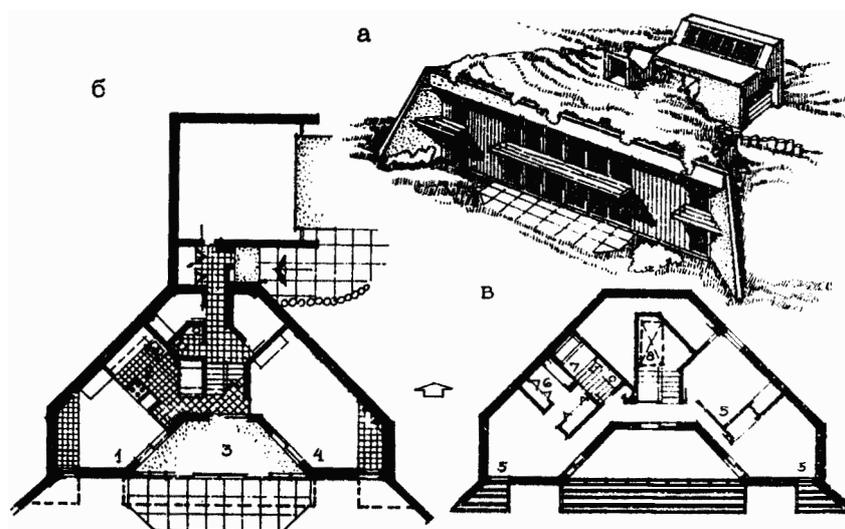


Рис. 15. Заглублённый в склон суперизолированный дом (шт. Миннесота):

а — общий вид;

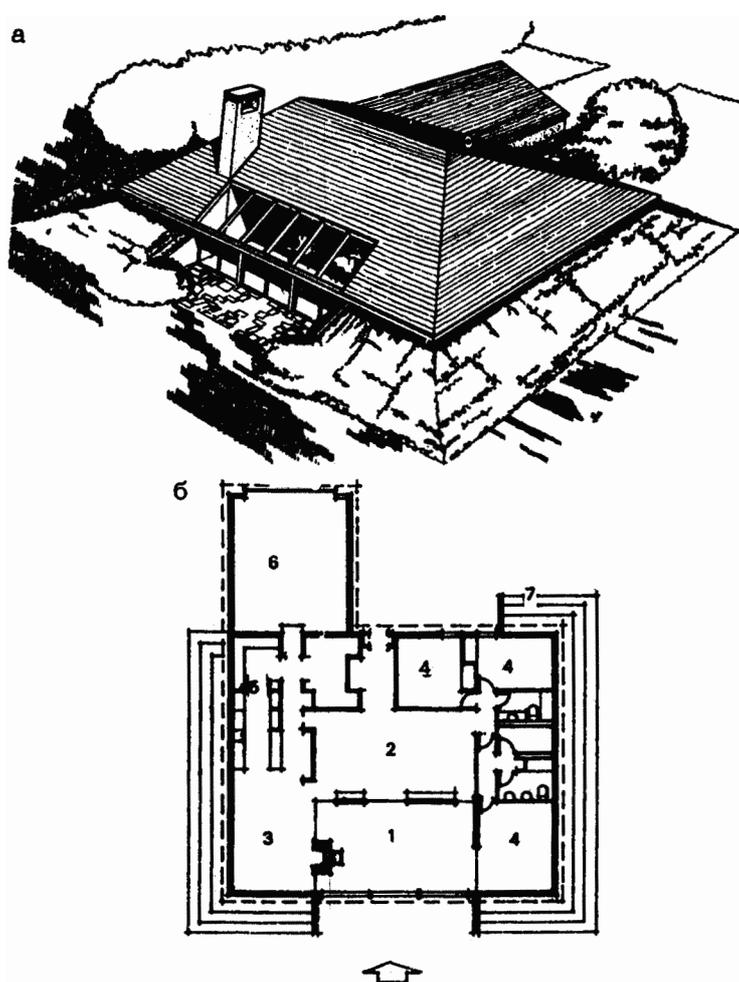
б — план 1-го этажа;

в — план 2-го этажа;

1 — столовая; 2 — кухня; 3 — оранжерея; 4 — гостиная; 5 — спальня; 6 — гардеробная; 7 — подсобные помещения; 8 — фонарь верхнего света.

Двухэтажный суперизолированный дом в холодном климате штата Миннесота является частью группы из 17 аналогичных домов (рис. 15). Здание имеет в плане трапециевидную форму с широким фасадом, обращённым на юг. Остальные фасады находятся в земле, так как участок поднимается к северу. Элементами пассивного

солнечного отопления служат витражи и оранжерея южного фасада с тройным остеклением проёмов, массивные бетонные стены и кирпичные полы. Вход в дом — с промежуточного уровня. Вдоль северной стены расположены нежилые помещения. Для уменьшения энергопотребления здесь используется дифференцированный режим эксплуатации помещений. На 1-м этаже располагаются гостиная, кухня, столовая, которые требуют наибольшего отопления в дневное время, на 2-м этаже — спальни, пик потребления тепла в которых приходится на вечернее и ночное время. Теплоотступление регулируется системой клапанов и вентканалов. Для горячего водоснабжения имеются водяные коллекторы. Вертикальная вентиляция организована через двухсветную оранжерею и фонарь верхнего света. Плоскость остекления защищена от летнего перегрева специальным козырьком.



**Рис. 16. Компактный дом с земляной подсыпкой (шт. Огайо):**

а — общий вид;

б — план:

1 — двухсветный атриум-оранжерея; 2 — гостиная; 3 — столовая; 4 — спальня; 5 — кухня; 6 — гараж; 7 — земляная подсыпка.

На плоских участках используется земляная подсыпка, имитирующая заглубление в грунт. Компактный жилой дом такого типа имеет почти квадратную в плане форму и перекрыт четырёхскатной кровлей (рис. 16). С северной стороны к дому примыкает

гараж. По остальному периметру здания, за исключением атриума на южном фасаде, идёт земляная подсыпка до уровня кровли.

Энергетический центр дома — двусветный атриум, обогреваемый прямыми солнечными лучами через витраж и остеклённую часть кровли. Аккумулятором служат камин и массивные простенки, отделяющие атриум от гостиной. В остальные помещения чистый воздух поступает за счёт механического побуждения. Приточные и вытяжные отверстия системы размещены между балками перекрытия. Одна из спален, кухня, столовая и центрально расположенная гостиная освещаются вторым светом, главным образом через атриум.

В жарком климате юга страны заглубление в землю обеспечивает охлаждение здания за счёт относительной стабильности температуры грунта ниже уровня промерзания. Например, в центральной Флориде в районе с сухим микроклиматом владелец хотел поставить здание на вершине холма, не нарушив естественного ландшафта. Так возник *Hilltop House* — своеобразный искусственный холм. Это 2-этажный объём, нижний уровень которого (две спальни, библиотека, кухня, столовая) был глубоко врыт в землю, а 2-й этаж выходил на великолепную видовую террасу размером (10x10 м).

В целом заглубление жилых домов в землю значительно дороже и в основном используется более зажиточными потребителями. В планировочном и конструктивном отношении они обладают рядом недостатков, преодоление которых и вызывает удорожание: необходимость усиленной гидроизоляции, нехватка естественного освещения и сквозного проветривания, необходимость использования фонарей верхнего света и т. п.

### ***Жилые дома линейной и павильонной структуры***

Необходимость ориентации жилых помещений на юг в первых солнечных домах естественно привела к созданию линейно-широтной планировочной схемы. Прототипом таких схем со сквозным проветриванием и обилием открытых проходов по первому этажу служат традиционные плантаторские дома Юга. Усиление роли активных систем в энергетическом балансе здания позволило впоследствии отказаться от жёсткой южной ориентации всех помещений. Тем не менее линейные схемы до сих пор широко распространены в центральных, южных и даже северных районах, особенно в загородных и сельских домах, где возможности участка позволяют применить их. В их основе часто лежит принцип построения ранчо - американской фермы со свободным размещением объёмов, дающим возможность дальнейшего развития и в то же время изоляции от внешней среды (рис. 17). Важным элементом такого дома был замкнутый или полузамкнутый двор, образованный не только жилыми, но и хозяйственными постройками.

На рис. 18 изображен расположенный недалеко от Канзас-Сити современный дом-ранчо, в котором применены различные способы пассивного солнечного отопления. Одноэтажное здание состоит из двух пересекающихся объёмов, причём наиболее протяжённый из них ориентирован на юг. В здании четыре энергоактивных зоны. Столовая и гостиная обогреваются непосредственно солнечными лучами, которые в гостиной попадают прямо на массив камин. Часть хозяйственных помещений цокольного этажа освещается и отапливается через южные окна благодаря естественному понижению уровня земли. Обогрев и инсоляция спален осуществляются через коридор, играющий роль накопителя тепла. Летом солнцезащита помещений обеспечивается при помощи козырьков, перголы, свесов кровли. Отапливаемая площадь дома 340 м<sup>2</sup>.

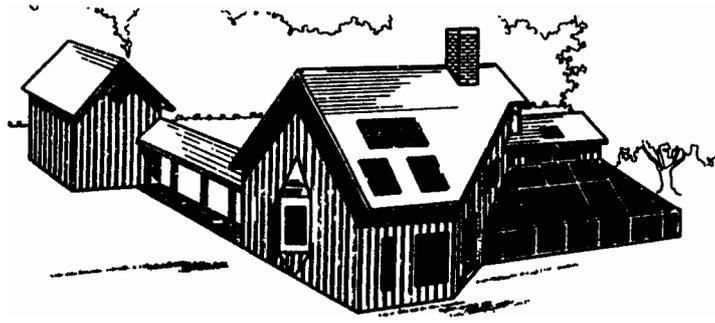


Рис. 17. Жилой дом-ранчо в шт. Мэн. Общий вид.

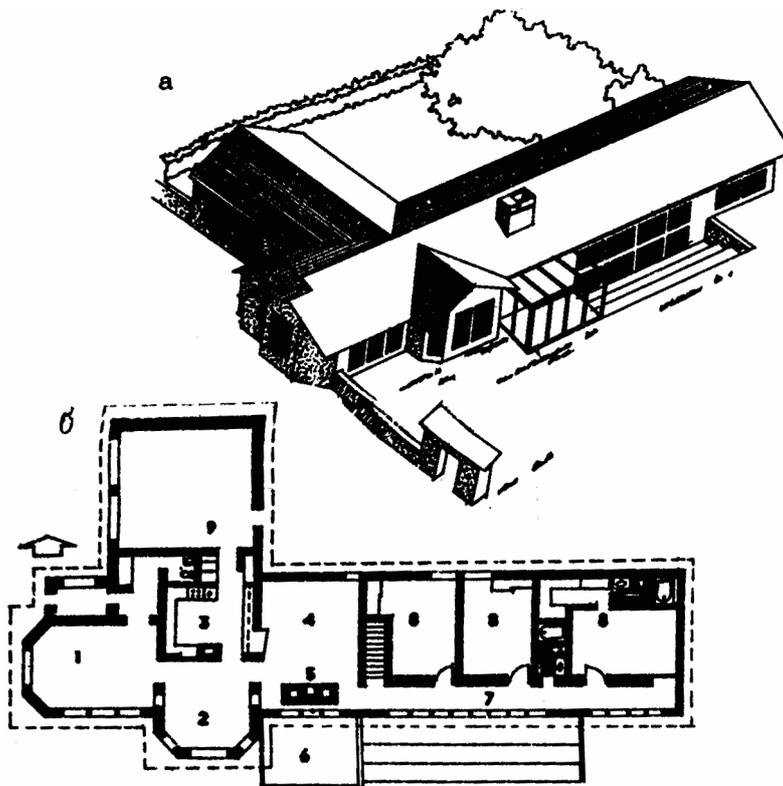


Рис. 18. Солнечный дом-ранчо (шт. Канзас):

а — общий вид:

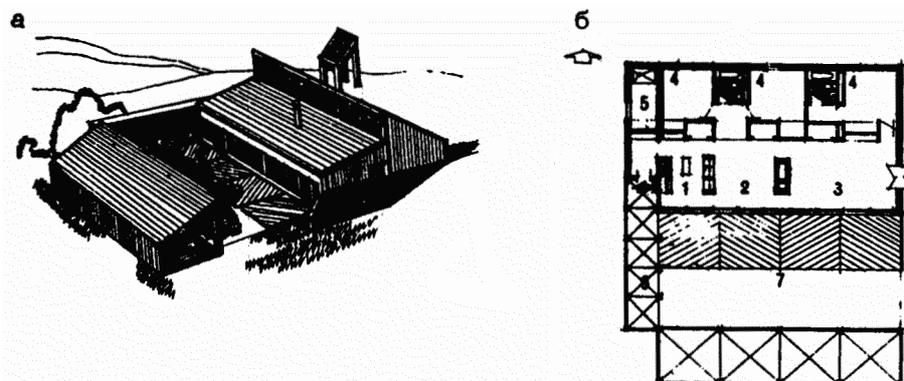
б — план:

1 — семейная комната; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — гостиная; 5 — камин-аккумулятор; 6 — патио; 7 — галерея; 8 — спальня; 9 — гараж.

Жилой дом-ранчо в шт. Вайоминг расположен на участке с небольшим уклоном (рис. 19). С северного и западного фасадов уровень земли поднят благодаря подсыпке.

Линейный объём дома состоит из двух параллельных групп помещений: кухни—столовой—гостиной, ориентированных на юг, и спален, ориентированных на север. Инсоляция и обогрев спален — за счёт верхнего света с южной стороны. Аккумулируется тепло массой бетонного пола, камином, кирпичными стенами. Для горячего

водоснабжения предусмотрен отдельно стоящий коллектор. Остекление южного фасада имеет солнцезащитные подвижные жалюзи. Площадь дома 170 м<sup>2</sup>.



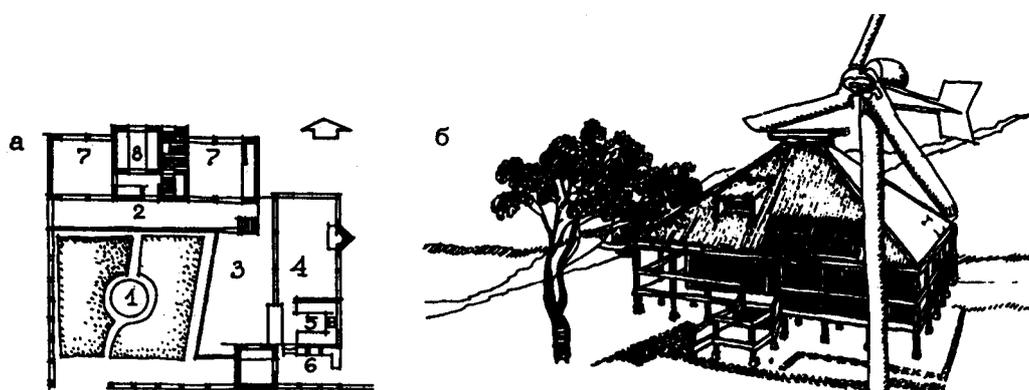
**Рис. 19. Сельский дом с внутренним двором (шт. Вайоминг):**

а — общий вид;

б — план:

1 — кухня; 2 — столовая; 3 — гостиная; 4 — спальня с верхним светом; 5 — хозяйственное помещение; 6 — дворовые постройки; 7 — отражающие экраны.

В жарком влажном климате юго-востока страны (например, в южной Флориде) павильонная планировка издавна служила целям борьбы с высокой влажностью и перегревом. Вытянутый план, сквозное проветривание, обилие террас и балконов, размещение кухонь, прачечных и других хозяйственных помещений в отдельном объеме — вот характерные черты этого жилища. Жилые дома обычно поднимаются на сваях и пол 1-го этажа оказывается значительно выше уровня земли. Солнечные устройства могут быть использованы лишь для горячего водоснабжения и охлаждения, так как отопление здесь большую часть года не требуется (рис. 20).



**Рис. 20. Типичные жилища в районах влажного жаркого климата:**

а — план дома павильонной структуры:

1 — сад; 2 — галерея; 3 — терраса; 4 — гостиная с камином; 5 — кухня; 6 — прачечная; 7 — спальня; 8 — гардеробная и санузлы;

б — общий вид дома на сваях с усиленной вентиляцией и ветрогенератором.

Для зданий, расположенных в жарком влажном климате, особенно важна усиленная естественная вентиляция. Она достигается за счёт специфической организации покрытий, образующих повышенные в центре пирамидальные пространства с усиленной тягой, создаваемой проёмами в верхней его части. Это модификация принципа «солнечной трубы», широко применяемого и в компактных домах.

### **Массивные жилые дома**

Строительство жилища в районах сухого жаркого климата, приближающегося по своим характеристикам к пустынному, всегда подчинялось требованиям защиты от агрессивного влияния среды. Современными проектировщиками освоены многие технологические и планировочные приёмы исторически сложившегося в этих районах глинобитного жилища индейских и мексиканских пуэбло, главным образом принцип массивности наружных ограждений и компактности жилого объёма. Практически глинобитный дом сам по себе является пассивной солнечной системой, так как его массивные стены великолепно стабилизируют внутреннюю температуру дома.

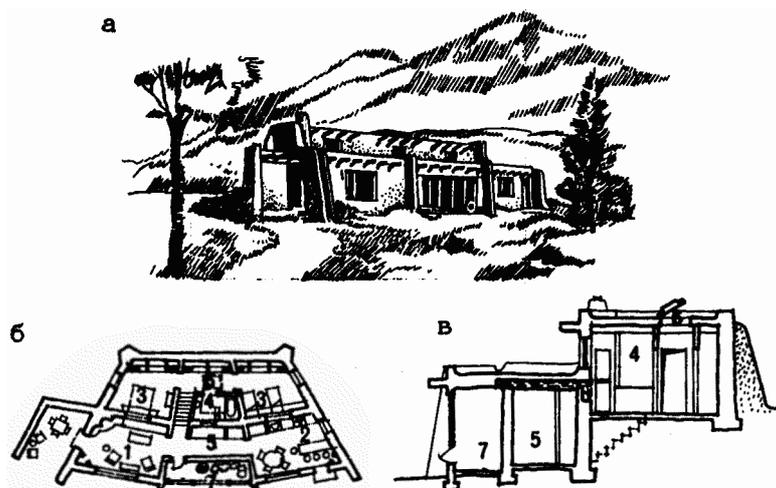
Глинобитные дома широко обсуждаются в современной американской и мировой специальной литературе. Так, в книге известного архитектора N. Khalili [20] подробно описываются различные технологии строительства «керамических домов» — от применения обычной глинобитной массы и кирпича-сырца до использования обожжённой глины с глазурованным покрытием. Рассматриваются исторические прототипы подобных зданий в арабских странах, а также примеры современного строительства в Калифорнии и Нью-Мексико.

Пластические возможности глинобитной или глинобетонной массы, монолитной или в блоках, позволили создать своеобразный стиль этих домов, где жесткость геометрических очертаний коллекторов и проёмов смягчается живописной лепкой формы основных объёмов здания. Широко известны дом Дэвиса в Альбукерке (арх. С. Баер), Фитцджеральд Хаус и Николз Хаус в Санта-Фе (арх. Д. Райт), ставшие классическими примерами современных глинобитных домов. Пассивное охлаждение в них осуществляется за счёт аккумулятирования тепла в наружных стенах и основании. Усиленная вентиляция создаётся при помощи смещения уровней и образования проёмов в верхней части дома. Теплозащита обеспечивается специальными навесами, козырьками, буферными пространствами типа патио и полузакрытых дворики. Активные коллекторы, наиболее успешно функционирующие в таком климате, обеспечивают горячее водоснабжение и отопление в зимнее время.

В проекте жилого дома монолитной глинобетонной конструкции для Аризоны (арх. Белшоу) предложено интересное технологическое решение процесса производства работ (рис. 21). Дом повторяет распространённую схему трапециевидного плана, раскрывающегося на юг. Он расположен на южном склоне холма и имеет ступенчатое построение объёмов, что способствует естественной конвекции тёплого воздуха. Обогрев помещений зимой осуществляется при помощи теплицы. Над окнами южного фасада имеются специальные выпуски, на которых летом устанавливаются съёмные солнцезащитные козырьки. Плоские кровли имеют белую рефлексирующую окраску. Вход в дом — через патио.

Монолитные стены армированы системой предварительно установленных каналов и шахт. Глинобитная масса изготавливается в передвижной центрифуге и состоит из смеси глины, песка, воды и соломы. Затем раствор нагнетается в гибкую складную форму, позволяющую изготовить зубчатый горизонтальный ряд. После затвердения выкладывается следующий ряд. Переплетение «зубцов» в форме образует надёжную перевязку. Этот способ позволяет возводить здание без сложных технологиче-

ских операций и транспортировки, используя неквалифицированную рабочую силу прямо на участке.



**Рис. 21. Дом монолитной глинобетонной конструкции (шт. Аризона):**

а — общий вид;

б — план;

в — разрез;

1 — общая комната; 2 — кухня; 3 — спальня; 4 — санузел; 5 — постирочная; 6 — фонарь верхнего света; 7 — оранжерея.

Перед домом делается замкнутый озеленённый дворик, обнесённый высокими глинобитными стенами. В нём создаётся более благоприятный микроклимат. Вместо гаража рекомендуется делать перекрытую, но продуваемую стоянку во избежание перегрева машины.



**Рис. 22. Солнечный дом в Техасе со стенами из глиноалюминиевых блоков:**

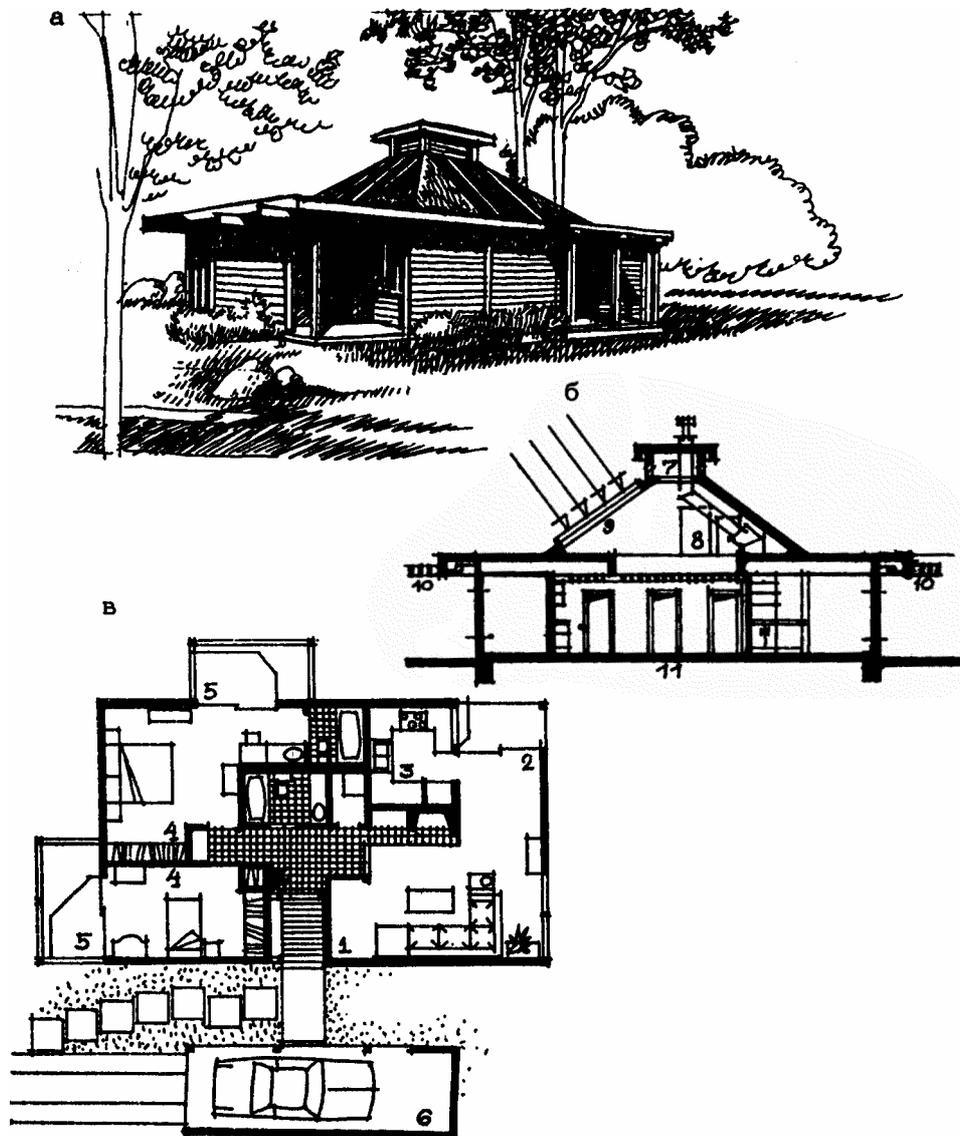
а — общий вид;

б — разрез.

Примером модификации этого приёма может служить жилой дом из глиноалюминиевых блоков, построенный в Техасе (рис. 22). Здесь необходимость организации естественной вентиляции стала основным формообразующим фактором, обусловив

трапецевидное в разрезе построение жилого объёма.

Помимо глинобитных домов, в жарком сухом климате применяются и другие конструктивные системы. Так, в проекте жилого дома, изображённого на рис. 23, применена стоечно-балочная деревянная конструкция. Шатровая кровля с южной стороны имеет коллекторы горячего водоснабжения.



**Рис. 23. Жилой дом стоечно-балочной деревянной конструкции для жаркого климата:**

а — общий вид;

б — разрез;

в — план;

1 — гостиная; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — спальня; 5 — патио; 6 — стоянка; 7 — «солнечная труба»; 8 — водяной аккумулятор; 9 — коллектор горячего водоснабжения; 10 — солнцезащитная решётка; 11 — массивное основание.

## **Объёмно-планировочные решения малоэтажных многоквартирных домов с солнечным энергообеспечением**

Многokвартирные малоэтажные дома (секционные, коридорные, блокированные) широко распространены в городской и пригородной застройке США. При организации в них солнечного отопления возникают трудности, связанные с ориентацией помещений, ограниченностью южного фронта и взаимным затенением зданий и коллекторов. Эти факторы должны учитываться с самого начала проектирования, т. е. при составлении генплана, трассировке улиц и определении ориентации жилых домов.

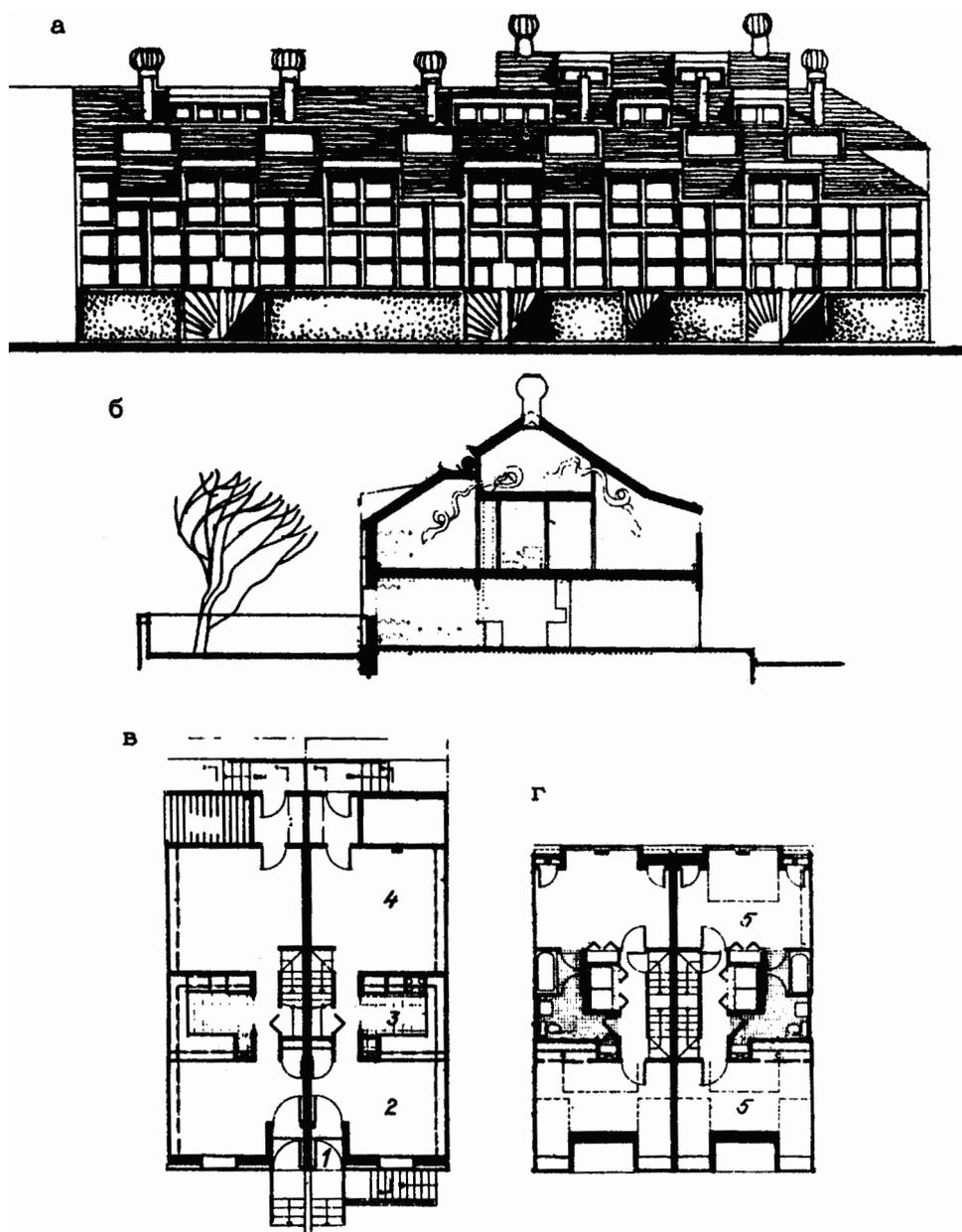
Ниже приводятся примеры жилых образований высокой плотности, выполненных по заказу Северо-Восточного центра по солнечной энергии под руководством крупнейших специалистов США в области проектирования солнечных домов Д. Уотсона, Д. Кельбауга, Р. Митчела и др. [21, 22, 23].

В проекте 3-этажного дома-образца на 24 квартиры для штата Коннектикут ставилась задача улучшить планировку здания и добиться возможности его свободной постановки в застройке, причём каждая квартира должна была иметь хоть часть помещений, ориентированных на юг. Было разработано два планировочных варианта. При меридианальной ориентации принято поэтажное размещение квартир с двухсторонней застройкой коридора. Эркер главной комнаты активно выдвинут вперёд и имеет остекление с боковой (южной) стороны. При широтной постановке поэтажные решения квартир различны. Квартиры 1-го этажа с двухсторонней ориентацией имеют вход прямо с участка. Из общего коридора 2-го этажа организованы входы в квартиры, расположенные в двух уровнях. Сдвижка этажей по высоте позволяет организовать в северных квартирах подсвет с юга. Ширина корпуса местами достигает 27 м благодаря размещению кухни в глубине квартиры. Стоимость дополнительного оборудования (теплоизоляционные жалюзи) и усиленной теплоизоляции составила от 1450 до 1600 долл. на квартиру.

Группа блокированных жилых домов для Филадельфии также спроектирована в двух вариантах, чтобы обеспечить постановку вдоль улицы как северным, так и южным фасадом (рис. 24). Каждая квартира имеет узкий фронт (4,6 м) при глубине корпуса около 13 м.

На 1-м этаже размещён блок, включающий общую комнату, кухню и столовую, на 2-м — спальни и санузлы. В мансарде — ещё одна спальня либо техническое помещение. В зависимости от размещения в застройке южный фасад решён либо как стена Тромба, либо как сочетание теплицы и стены Тромба. Стоимость дополнительных устройств для каждой квартиры довольно велика: 2200 долл. — стена Тромба, 500 долл. — установка солнечного горячего водоснабжения, около 700 долл. — прочие устройства.

В проекте группы из шести 2-этажных жилых домов широтной ориентации (шт. Нью-Йорк) большое внимание уделяется взаимной незатеняемости зданий и защите от ветров за счёт зелёных насаждений. Планировка квартир двухсторонней ориентации в общем традиционна, а система использования солнечной радиации исключительно проста. Это комбинация прямого солнечного обогрева и «мини-стены Тромба» — готовой панели (65—90 см высоты), которая устанавливается под подоконниками южных окон. Для горячего водоснабжения на кровле каждой секции устанавливаются автономные коллекторы. Внутри квартиры простейшая система вентиляторов, приводимая в действие термостатом, направляет нагретый воздух из южных комнат в северные. Все панели Тромба и оконные проёмы снабжены специальными терморегулирующими жалюзи, управляемыми вручную. Общая стоимость солнечных устройств на квартиру около 1200 долл.



**Рис. 24. Проект группы блокированных домов для Филадельфии:**

а — южный фасад со стеной Тромба;

б — разрез;

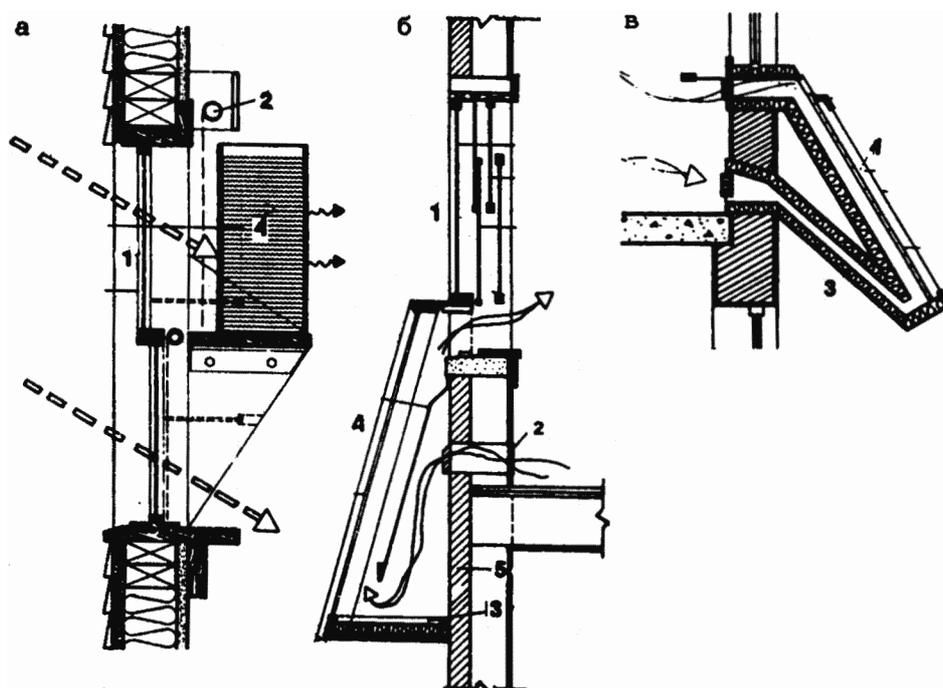
в — план 1-го этажа;

г — план 2-го этажа;

1 — передняя; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — гостиная; 5 — спальня.

Многие планировочные и технические приёмы пассивного солнечного отопления используются при реабилитации исторически сложившейся городской застройки. Она сопровождается повышением уровня комфортности и инженерного благоустройства жилого фонда. Многие особняки превращаются в многоквартирные дома. Поскольку большинство реконструируемых домов предназначено для семей с низким и средним доходом, требование экономии энергии становится первостепенным. В этой

работе муниципальным и федеральным органам помогают местные инициативные группы, стремящиеся сохранить привычное социальное окружение и пространственную среду. В 1979 г. HUD было сделано официальное объявление о выявлении заинтересованных соседских групп. Было отобрано 25 групп, каждой из которых была предоставлена субсидия 50 тыс. долл. для проведения подготовительных работ и проектирования. По окончании проектирования было премировано 14 предложений. Сумма премий составляла от 20 до 50 тыс. долл. В основном все проекты предназначались для городов восточного побережья, выросших во время промышленной революции. Удельный вес пришедшего в упадок жилого фонда в них достаточно велик. Сокращение затрат на отопление предлагалось осуществить за счёт улучшения теплоизоляции и использования таких пассивных систем, как теплицы и оранжереи, стены Тромба, массивные аккумуляторы, различные типы местных коллекторов (рис. 25).



**Рис. 25. Типы местных коллекторов:**

**а** — водяной коллектор типа «аквариум»;

**б** — пристенный воздушный коллектор;

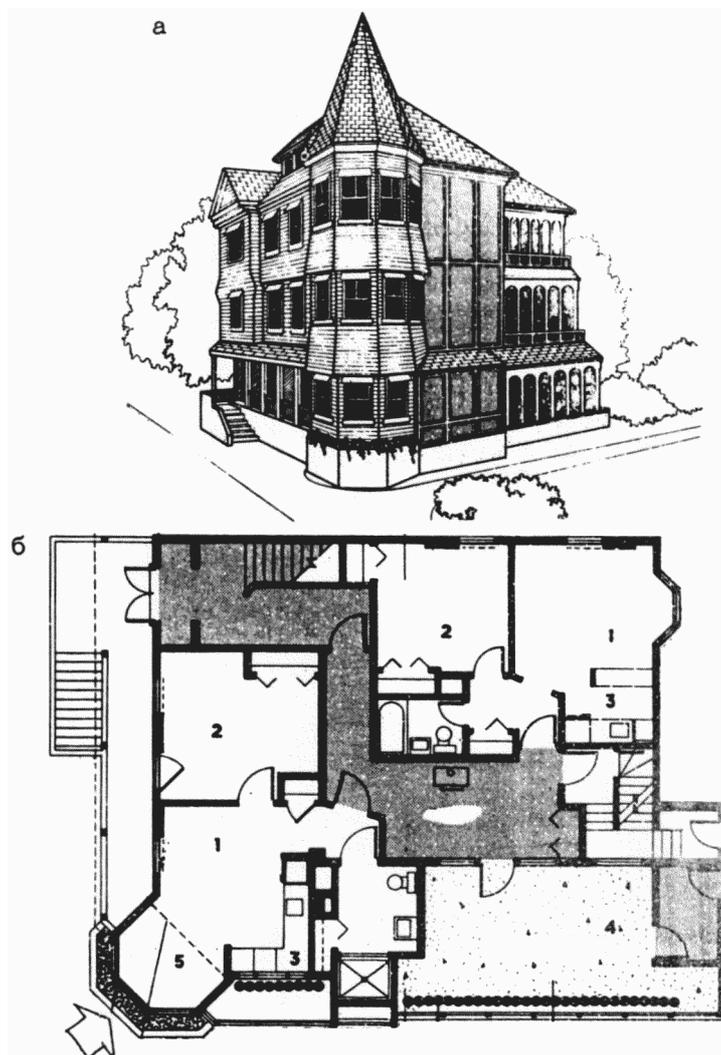
**в** — коллектор типа *eyebrow*;

1 — одинарное или двойное остекление; 2 — контрольные клапаны; 3 — теплоизоляция; 4 — солнце-приёмник; 5 — утеплённая стена.

На рис.26 приводится проект реконструкции одного из красивейших викторианских особняков в Бостоне. Он был заселён в основном пенсионерами, имеющими скидку на квартплату. Требовалось произвести перепланировку и улучшить инженерное благоустройство и теплоизоляцию, не увеличивая стоимости оплаты квартир и услуг. В соответствии с перепланировкой на каждом этаже разместились две квартиры с разделением объёма по диагонали, так что каждая квартира получила значительный южный фронт. Вдоль этого фасада пристроены теплицы. Аккумулятор тепла в них — цилиндрические ёмкости с водой.

Нагретый воздух распространяется по каналам в перекрытии с механическим по-

буждением. Обращённые на юг эркеры служат дополнительным накопителем тепла. Все проёмы снабжены теплоизолирующими занавесями или жалюзи. Для горячего водоснабжения предусмотрены активные коллекторы.



**Рис. 26. Реконструкция жилого особняка в г. Бостон:**

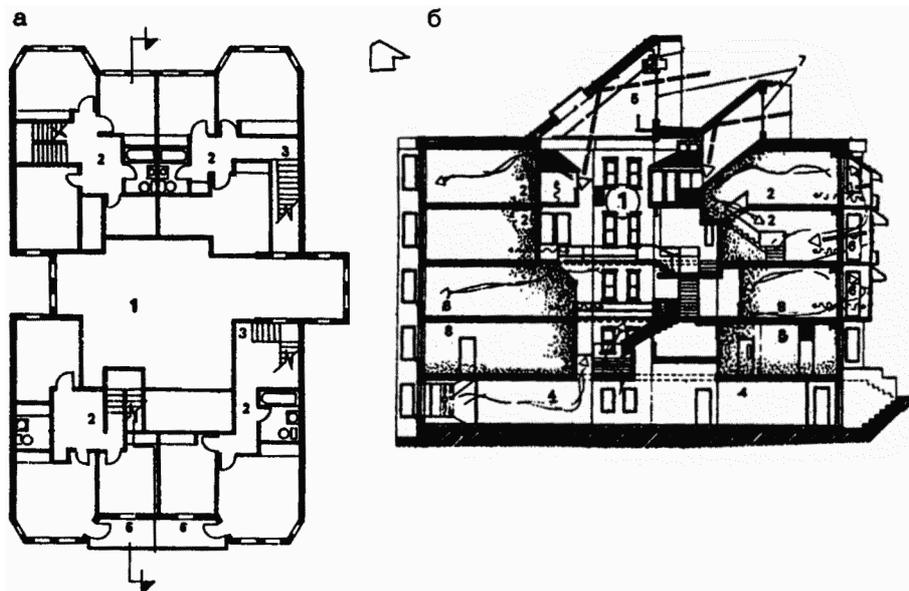
а — общий вид;

б — план 2-го этажа:

1 — гостиная; 2 — спальня; 3 — кухня-ниша; 4 — теплица; 5 — теплоизолирующий занавес.

Появление проекта реабилитации жилого района в Бостоне было вызвано желанием жителей приостановить запустение этого района, заселённого преимущественно семьями с низким доходом. Проект реабилитации включает несколько блокированных домов, в которых было решено применить пассивное солнечное отопление для снижения расходов. Показанный на рис. 27 многоквартирный дом из этой группы полностью перепланирован. Четыре квартиры на этаже выходят в атриум, который является главным элементом пассивного отопления за счёт фонаря верхнего света с системой отражателей. Тёплый воздух из атриума направляется через каналы в перекрытии в жилые квартиры, особенно в те, которые ориентированы на север. Квартиры южного фасада оборудованы теплицами с массивной стеной-накопителем. Авторы и инициаторы проекта опасаются, что низкий образовательный уровень жи-

телей затруднит для них правильное пользование солнечными устройствами. Аналогичные реконструкции проводились во многих городах США (рис. 28).

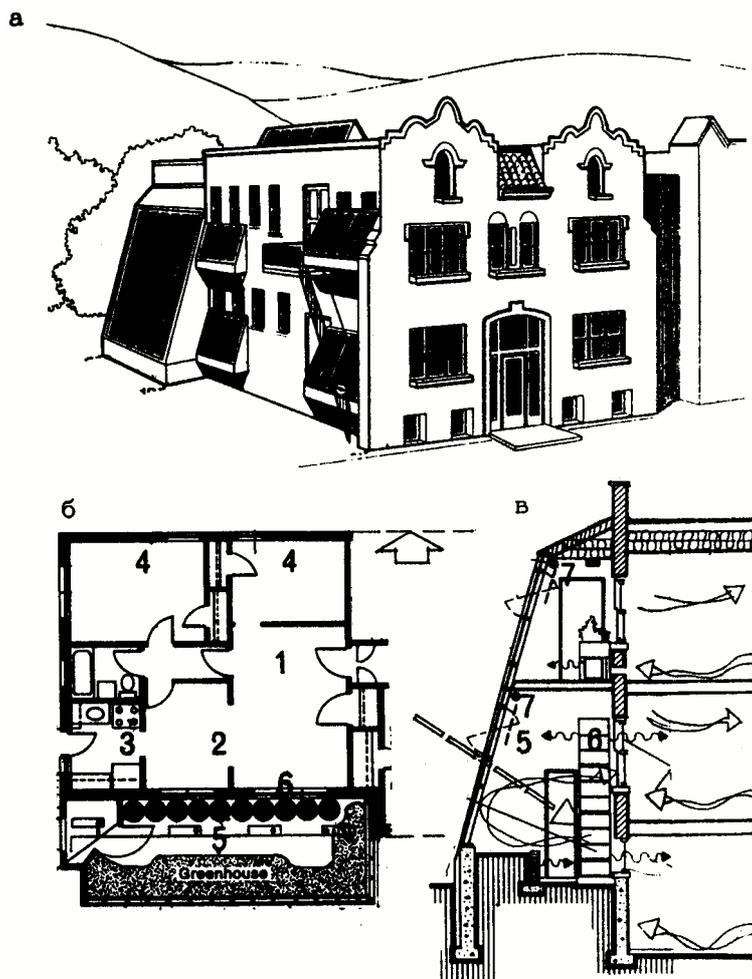


**Рис. 27. Реконструируемый многоквартирный дом в г. Бостон:**

**а** — план 3-го этажа;

**б** — разрез;

1 — атриум; 2 — квартиры в 2-х уровнях; 3 — внутриквартирная лестница; 4 — обслуживающие помещения; 5 — отражатель; 6 — теплицы; 7 — коллекторы; 8 — квартиры в одном уровне.



**Рис. 28. Реконструируемый жилой дом в г. Милуоки:**

а — общий вид;

б — фрагмент плана;

в — разрез по теплице;

1 — гостиная; 2 — столовая; 3 — кухня; 4 — спальня; 5 — теплица; 6 — ёмкости с водой; 7 — рулонная теплоизоляция.

В американской практике в «холодных» районах, расположенных, кстати, гораздо южнее Москвы, давно уже строятся суперизолированные дома с тройным остеклением фасадов и усиленной теплоизоляцией наружных поверхностей. Для всех климатических районов определяются оптимальная форма здания, ориентация основных помещений, особенности построения жилой ячейки.

В процессе этих поисков возникают своеобразные объёмно-планировочные решения, представляющие интерес не только для специалистов в области гелиотехники, но и для проектировщиков жилища: суперкомпактные дома, заглублённые в грунт и глинобитные здания, различные варианты вертикальной организации внутреннего пространства по типу повышенного атриума и др. Большинство из них не имеют аналогов в отечественной практике, даже при наличии сходных климатических условий. Традиционные дома оборудуют теплицами, световыми фонарями, массивными элементами, аккумулирующими тепло. Своеобразно решаются вопросы организации естественного освещения и вентиляции. Подобный путь совершенствования тепло-

физических характеристик и структуры дома особенно перспективен в районах с холодным климатом, составляющих большую часть территории СССР.

В первых публикациях о гелиодомах много писалось о совершенно новом характере их архитектуры. Американский опыт показывает, что изменения в сфере жилища, особенно малоэтажного, должны носить эволюционный характер, учитывать социальные и эстетические предпочтения потребителей и не должны нарушать преемственности развития жилой среды. Опыт использования солнечных устройств при реконструкции жилых домов подтверждает это. Внимание, с которым американские специалисты относятся к исторически сложившимся в традиционном жилище приемам защиты от холода и перегрева, говорит об эффективности их использования в современном жилище.

В нашей стране, с её разнообразием природно-климатических условий, вообще нельзя говорить о солнечном доме как некоем однозначном понятии. Недаром в отечественной литературе всё чаще появляются термины «энергоактивное здание», «энергоэкономичное здание». Энергетически эффективное здание в районе Средней Азии, оборудованное различными техническими устройствами для накопления солнечной радиации, будет коренным образом отличаться от такого же здания на Крайнем Севере, где вообще может не быть технологических устройств, но компактная планировка, конструктивное решение и выбор строительных материалов будут направлены на сведение к минимуму теплопотерь. Тут уместно вспомнить парадоксальное на первый взгляд высказывание Д. Уотсона от том, что в некоторых случаях идеал солнечной энергетики — не дом с оптимальной отопительной системой, а дом, в котором отопительная система не нужна вообще.

К сожалению, практически во всех регионах нашей страны жилые здания не могут функционировать без отопительных устройств. Переход на альтернативные решения должен быть обеспечен созданием индустриальной базы и квалифицированными кадрами. С этой точки зрения ориентация на первоочередное внедрение систем горячего водоснабжения как наиболее автономной части энергообеспечения дома безусловно правильна. Солнечный коллектор, различные типы мобильных теплоизоляционных устройств, аккумуляторов тепла, должны стать такими же примычными элементами жилого дома, как радиатор традиционного отопления. Только после этого можно решить более сложную задачу использования солнечной энергии и для отопления здания.

Экономическая эффективность этого способа — вопрос чрезвычайно сложный, он не может решаться в отрыве от социальных, экологических и природных условий региона. Конечно, применение как активных, так и пассивных систем удорожает строительство. По американским данным на 1980 г., это удорожание доходит до 18%. Однако подсчёт эффективности проводится не по единовременным затратам, а за весь срок функционирования системы. В этом случае экономия затрат на топливо колеблется от 60 до 80%, что компенсирует увеличение единовременных капиталовложений и даёт ещё 15—20% экономии, не считая экологического эффекта. Американское правительство устанавливает государственную дотацию тем муниципалитетам и домовладельцам, которые используют солнечные установки и системы. Этот опыт взаимоотношений федерального правительства, администрации штатов и общественных некоммерческих объединений, заинтересованных в совершенствовании сферы жилища, целесообразно использовать при решении экономических проблем, возникающих при попытках внедрения экологически чистых систем энергообеспечения жилища.

Возможно, и в нашей стране компенсация увеличения единовременных затрат должна проводиться в форме государственных субсидий, как это делается не только

в США, но и во многих других развитых странах.

### ***Список использованной литературы***

1. Watson D., Design and Building a Solar Home. Charlotte, USA, 1978.
2. Anderson B. The Solar Home Book: Heating, Cooling and Designing with the Sun. Harrisville, USA, 1979.
3. Зоколей С. Солнечная энергия в строительстве. — М.: Стройиздат, 1981.
4. Сабади П. Р. Солнечный дом. — М.: Стройиздат, 1981.
5. Progress in Solar Energy, Architecture and Construction Division, vol. 6, 1985, New York, American Solar Energy Society.
6. Progress in Solar Energy, Socio Economic Division, vol. 6, 1985, New York, American Solar Energy Society.
7. Progress in Solar Energy, Passive Systems Division, vol. 6, 1986, New York, American Solar Energy Society.
8. New Energy-conserving Passive Solar Single-Family Homes, HUD Solar Heating and Cooling Demonstration Program, Cycle 5.
9. The First Passive Solar Home Awards, Franklin Research Center, Philadelphia for HUD, 1979.
10. Energy Conserving Passive Solar Multy Family Retrofit Progets, HUD Solar Heating and Cooling Demonstration Program.
11. Building value into Housing 1980 Awards, HUD, RC/AIA, Regional Guidelines for Building Passive Energy conserving Homes, HUD in cooperation with DOE.
12. Энергоактивные здания / под ред. Э. В. Сарнадского, Н. П. Селиванова. — М.: Стройиздат, 1987.
13. Селиванов Н. П. Энергоактивные солнечные здания. — М.: Знание, 1982.
14. Сахаров А. Н., Анисимова И. И. Архитектурное проектирование малоэтажных домов с солнечным энергообеспечением. — М.: МарХИ, 1983.
15. Соколов Ю. Н., Анисимова И. И., Сахаров А. Н. Гелиоархитектура и экономия энергии. — М.: Знание, 1984.
16. Лицкевич В. К. Жилище и климат. — М.: Стройиздат, 1984.
17. Оболенский Н. В. Солнце и архитектура. — М.: Стройиздат, 1987.
18. Сахаров А. Н. Жилые дома для сельского строительства на Севере. — Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-е, 1984.
19. Проектирование заглублённых жилищ (пер. с англ.). — М.: Стройиздат, 1983.
20. Khalili N. Ceramic Houses. How to build your own, Harper and Row Publishers, New York, 1986.
21. Northeast Solar Energy Center. Boston. Massachusetts. Urban Solar apartments, D. Watson, AIA (проспект).
22. Urban Solar townhouses. Philadelphia. Pennsylvania. Kelbaugh and Lee (проспект).
23. Solar clustered apartments. Schenectady. New York. Robert Mitchell Solar Systems Designs (проспект).
24. Ch. Jenks, W. Chaitkin. Architecture today. Harry N. Abrams Publisher, New York.
25. Sim Van der Ryn and Peter Calthorp. Sustainable Communities, San Francisco, Sierra Club Books, 1986.