

УДК 64.011.44

А.Н. ТЕТИОР, д-р техн. наук, Московский государственный университет природоустройства

Нулевой экологичный жилой дом

Термин «нулевой жилой дом» обычно означает здание с минимальным (близким к нулю) потреблением невозобновимой энергии из городских сетей. Предложена более широкая концепция нулевого дома, основанная на трех принципах: нулевое вмешательство в природу; нулевое потребление расходуемых ресурсов из городских сетей; нулевая эмиссия загрязнений. Нулевое вмешательство в природу – это нулевая площадь застройки; минимальные помехи естественному круговороту веществ; минимальные препятствия передвижению жителей и миграции животных; сенсорное природоподобие; озеленение зданий; ниши для мелких животных. Нулевое потребление расходуемых ресурсов: энергоэкономичность; выработка возобновимой электрической и тепловой энергии; естественная вентиляция и кондиционирование; снижение затрат на внутреннее освещение; сокращение водопотребления. Для нулевой эмиссии загрязнений применяют утилизацию отходов, нулевую канализацию, повторно используемые материалы.

Ключевые слова: нулевой город, экологичный дом, сбережение ресурсов, сокращение ресурсов, энергоэкономичность.

Для решения актуальных экологических проблем планеты и городов необходимо обеспечить экологическое равновесие между городами и природой, сократить потребление невозобновимых ресурсов, уменьшить загрязнения и другие негативные вмешательства в природу, сохранить значительную часть природы в естественном состоянии, создать высокое качество среды жизни [1]. Большая роль в решении этих задач принадлежит новому направлению в строительстве – возведению так называемых нулевых домов.

В современном представлении нулевой жилой дом обычно означает здание с минимальным (близким к нулю) потреблением ряда ценных невозобновимых ресурсов, поступающих из городских сетей. В первую очередь речь идет о переходе к потреблению возобновимой энергии и об энергоэкономичности. Вместе с тем от экологичного нулевого дома требуется сокращение всех негативных воздействий на природу. Комплекс негативных воздействий современного строительства на природную среду широк – от сокращения площади естественных ландшафтов при застройке до преимущественного потребления невозобновимых ресурсов; от снижения площади озелененных территорий до поступления массы загрязнений в природу. Создаваемые зданиями отходы чаще всего не утилизируются, они направляются на свалки.

Цикл жизни зданий обычно заканчивается их разборкой, разрушением с образованием большого объема отходов. Для нулевого здания цикл жизни должен быть нулевым. Нулевой цикл жизни означает близкое к нулю негативное влияние строящегося, эксплуатируемого или разбираемого объекта на природу [2]. Цикл жизни связан с сохранением природы, ростом качества среды жизни, сохранением ресурсов и экологичностью строительных материалов, рекуперацией и экономичностью.

Более широкая концепция нулевого жилого дома предлагается в [3, 4], которая основана на описанных выше трех принципах:

1. Минимальное (нулевое) вмешательство в природу.
2. Наименьшее (нулевое) потребление поступающих из городских сетей расходуемых ресурсов (электрической и тепловой энергии, питьевой воды и пр.).

3. Малые (нулевые) твердые и жидкие отходы в процессе цикла жизни здания.

Минимальное вмешательство в природу означает нулевую площадь застройки, достигаемую надземным (с поднятием зданий над почвенно-растительным слоем на опорах) и полуподземным размещением зданий (с естественным освещением), а также застройкой ранее не застраиваемых территорий с сохранением ровных природных территорий (неудобий, мелкого шельфа и пр.). Положительный экологический эффект от такого строительства усиливается дополнительным озеленением свободных поверхностей зданий. При этом минимальны помехи естественному круговороту веществ, в первую очередь воде и воздуху. Нулевые здания не являются препятствием для естественного движения атмосферных вод. При таком строительстве минимальны препятствия передвижению жителей и миграциям местных мелких животных. Для улучшения позитивного восприятия зданий используется сенсорное визуальное природоподобие: формы зданий криволинейны, высота ограничена, свободные поверхности крыш и стен покрыты озеленением. Используются экологичные строительные материалы; в зданиях и сооружениях создаются экологические ниши для местных птиц.

Важным свойством нулевого дома является нулевое потребление поступающей из городских сетей энергии и других расходуемых ресурсов (в идеале отключение от городских сетей). Оно достигается энергоэкономичностью здания; выработкой возобновимой электроэнергии и энергии для отопления; применением естественной вентиляции и кондиционирования без использования электроэнергии; снижением затрат на внутреннее освещение; сокращением водопотребления путем вторичного использования атмосферной воды и слабозагрязненной воды из ванн и кухонь.

Для нулевой эмиссии загрязнений применяют дифференцированный сбор и утилизацию отходов, экологичную нулевую канализацию, повторно используемые материалы и конструкции. С этой же целью рекомендуется предварительное (на стадии проектирования) приспособление здания к будущей смене функций без разборки основных несущих конструкций или с частичной или полной разборкой, с

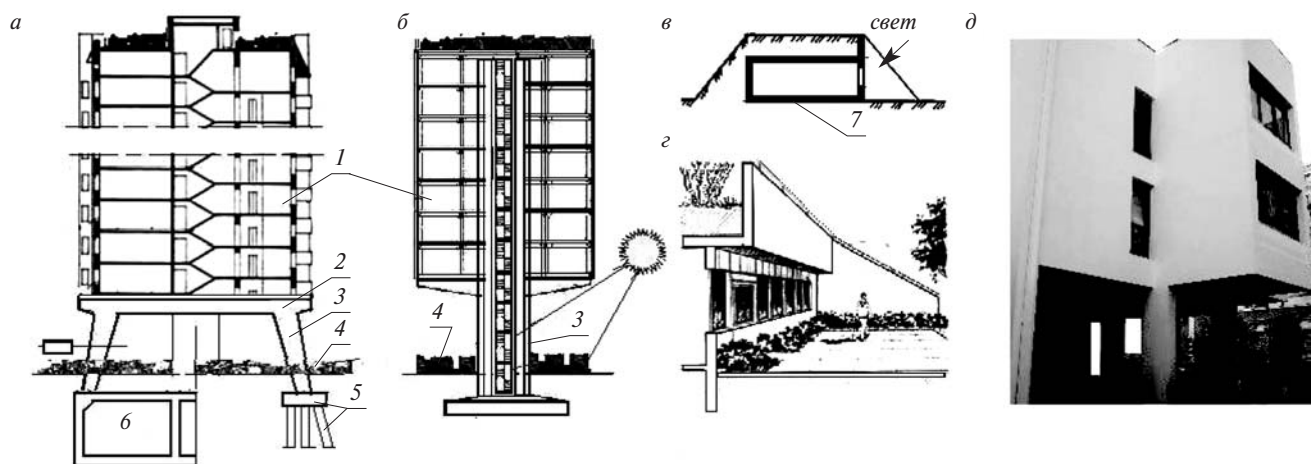


Рис. 1. Надземные и полуподземные дома: а — на колоннах; б — на центральной опоре; в, г — полуподземные; д — дом с растительностью под ним: 1 — здание; 2 — ригели; 3 — опоры; 4 — почвенно-растительный слой; 5 — фундамент; 6 — подземная часть; 7 — полуподземные здания

вторичным использованием материалов. Нулевой экологичный дом рекомендуется проектировать и строить так, чтобы архитектурно-планировочные и конструктивные решения позволяли экологически модернизировать объект.

Далее более подробно рассмотрены некоторые важные аспекты возведения нулевых жилых домов из перечисленных выше трех общих направлений.

Сохранение почвенно-растительного слоя. Надземные здания представляют собой обычные дома, поднятые над поверхностью земли на высоту более 3–4 м, достаточную для прохода людей и инсоляции почвенно-растительного слоя для произрастания травы, кустарника и небольших деревьев при необходимом поливе. Полуподземные дома — это обычные обвалованные здания с озеленением обваловки (рис. 1).

Дополнительное озеленение. С целью сенсорной комфортности, природоподобия, восприятия зданий и инженерных сооружений подобно объектам естественной природы и одновременно ввиду необходимости увеличения площади озеленения городов применяют дополнительные формы озеленения на больших искусственных поверхнос-

тях зданий и сооружений. Традиционным способом вертикального озеленения является применение вьющихся растений, но в последние годы предпринимаются опыты с созданием вертикальных газонов с обычными травянистыми растениями, в том числе цветущими. Наряду с этим совершенствуются формы озеленения кровель: от простых кровель — газонов с травой до multifunctional эксплуатируемых кровель с небольшими деревьями и разными архитектурно-ландшафтными объектами.

Вертикальное озеленение наружных стен зданий широко используется для улучшения визуального восприятия всего здания; шумогашения; небольшого повышения теплозащитных характеристик стен; улучшения состава воздуха и поглощения загрязнений вблизи мест поступления свежего воздуха внутрь зданий; устройства стационарных скворечников и привлечения мелких птиц; иногда для производства продукции — винограда и пр. В ходе совершенствования вертикального озеленения зданий были исследованы и получили развитие различные формы этого озеленения: озеленение наружных стен с укоренением растений в естественном грунте под зданием, озеленение

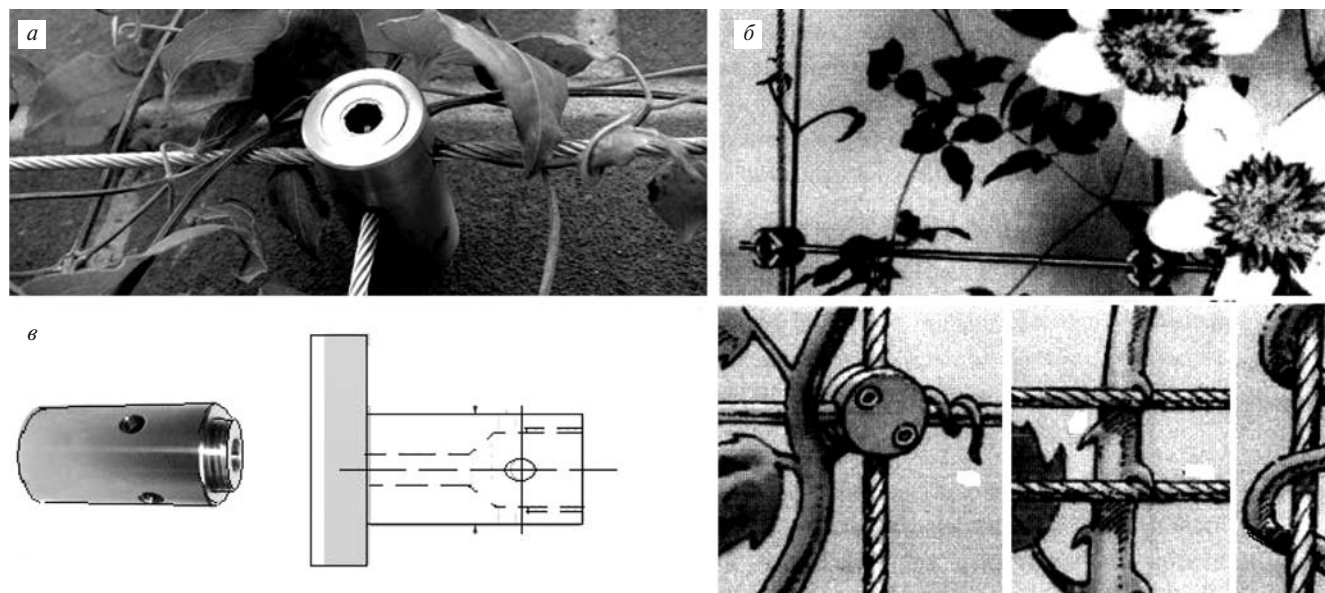


Рис. 2. Крепление вертикального озеленения к ортогональной сетке тонких стальных канатов: а — вид крепления; б — общий вид, крепление канатов к кронштейнам и вьющихся растений к канатам; в — стальной кронштейн

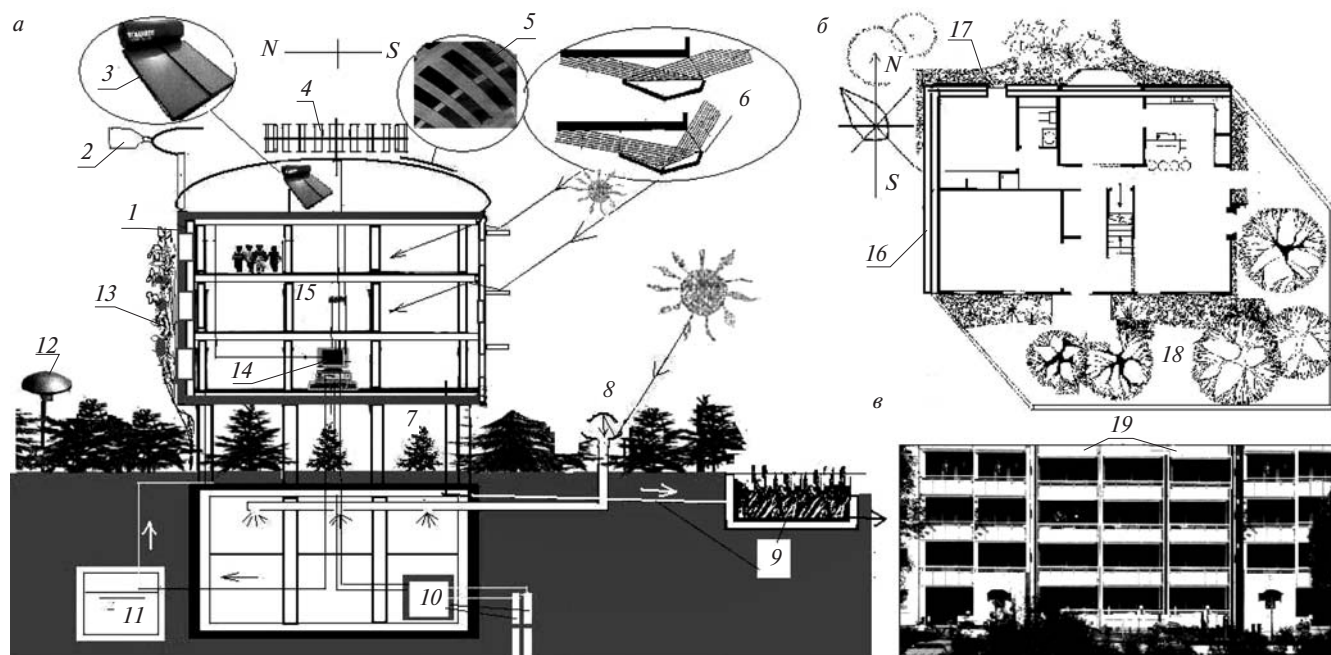


Рис. 3. Энергосберегающие и энергоактивные здания: а — надземное здание с подземной частью; б — дом с зимним садом; в — дом с остекленными лоджиями: 1 — утепленная северная стена с минимумом проемов; 2 — дефлектор типа капюшон для естественной вентиляции; 3 — гелиоколлекторы; 4 — ветроагрегат; 5 — солнечные батареи; 6 — улучшение ввода солнечного света; 7 — озеленение под зданием; 8 — концентратор для ввода дневного света под землю; 9 — биопруд (живая машина) для естественной очистки загрязненных стоков; 10 — геотермальное отопление; 11 — бак для сбора серой воды; 12 — фонари на солнечных батареях; 13 — вертикальное озеленение; 14 — компьютер в интеллектуальном здании; 15 — датчики; 16 — наружная утепленная стена; 17 — минимальные проемы с северной стороны; 18 — зимний сад; 19 — остекленные лоджии

наружных стен с укоренением в специальных грунтовых ящиках и др. При этом возможно и свободное размещение растений на стене, без тросовых креплений.

Экономия энергии. Для достижения экономии энергии предусматривают (рис. 3):

- энергоэффективные объемно-планировочные решения;
- оптимизацию формы зданий – минимизацию площади наружных стен (максимальный объем при наименьшей поверхности стен);
- хорошую инсоляцию зданий для снижения их энергетических потребностей;
- тройное остекление; значение R для стен и крыши не менее 5;
- исключение затенения южного фасада; расположение более широких оконных проемов, солнечных батарей и коллекторов преимущественно с южной стороны;
- использование эффективной теплоизоляции наружных стен;
- применение энергосберегающих окон, форточек, жалюзи;
- устройство остекленных лоджий по периметру наружных стен;
- устройство светопрозрачных оранжерей; зимних садов; теплиц с южной стороны на высоту 1–2 этажей над уровнем грунта;
- обваловку части здания; кровлю-газон; кровлю-зимний сад;
- герметичную заделку стыков, исключение утечек теплоты;
- отказ от сквозного проветривания; максимальное снижение потерь теплоты через ограждающие конструкции; расположение окон на двух смежных солнечных сторонах;

– температурное и световое зонирование помещений по назначению (в спальнях температура и освещенность ниже);

- тепловые буферные зоны (изоляция окон с помощью жалюзи ночью, двойные двери, закрытые лоджии);
- простую форму и небольшую протяженность здания в плане, оптимальную для освещения площадь окон;
- выполнение наружных стен с повышенной теплоизоляцией со стороны холодных зимних ветров;
- сокращение площади оконных проемов или устройство глухих стен со стороны холодных зимних ветров;
- утилизацию сбросной теплоты от внутренних источников (бытовые приборы, люди, теплота удаляемой воды из ванн и кухонь после употребления, теплота удаляемого внутреннего воздуха при вентиляции помещений и др.);
- пассивные системы утилизации солнечной энергии;
- естественные (без затрат электроэнергии) технологии вентиляции, кондиционирования, очистки стоков и пр.;
- утилизацию теплоты перед удалением внутреннего воздуха из помещений при вентиляции, и передача этой теплоты вводимому внутрь зданий свежему воздуху;
- улучшение естественного освещения с помощью ввода солнечного света в здание с использованием системы зеркал;
- использование всех доступных систем утилизации возобновимой энергии (солнечной, ветровой, гео- и гидротермальной, энергии движущихся вод, биоэнергии, энергии тепловых отходов) [5];
- использование энергоэкономичных приборов и устройств;
- светопрозрачная и вакуумная теплоизоляция; стекла в системах пассивного отопления, пропускающие солнечную радиацию в наиболее энергоемкой части спектра; селективные светопоглощающие покрытия;

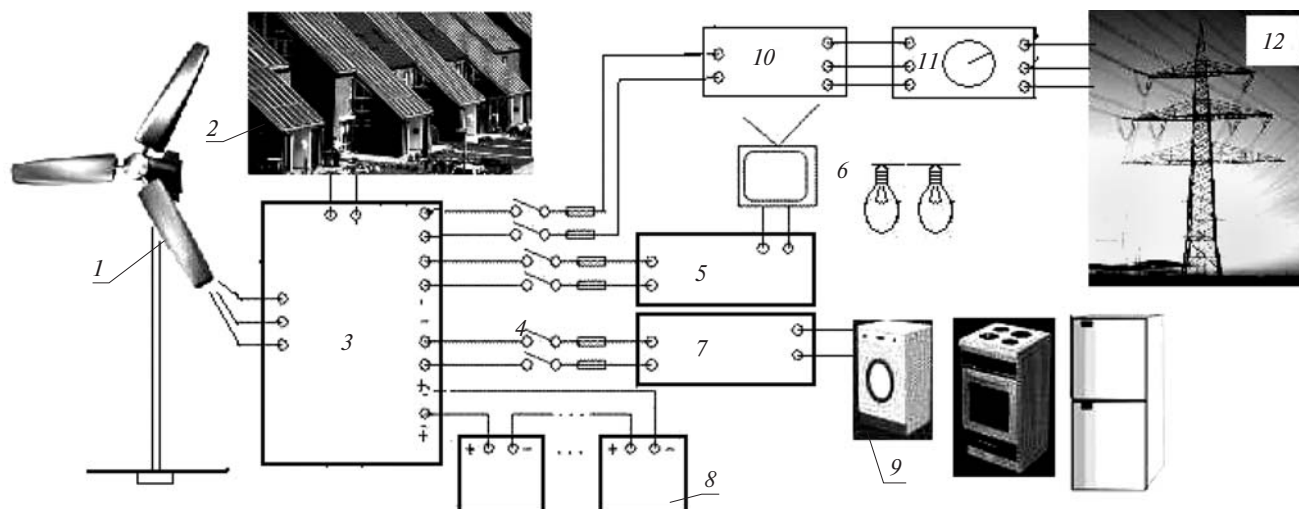


Рис. 4. Схема подключения солнечных элементов и ветрогенератора в нулевом доме: 1 – ветрогенератор; 2 – солнечные батареи на крышах; 3 – контроллер; 4 – предохранители, переключатели; 5 – инвертор для маломощных приборов; 6 – потребители малой мощности; 7 – инвертор для приборов большей мощности; 8 – батареи аккумуляторов; 9 – потребители большой мощности; 10 – инвертор для преобразования тока в трехфазный промышленный ток; 11 – счетчик; 12 – городская промышленная электросеть

– экологичные строительные материалы, требующие минимальных затрат энергии при их получении, использовании и разборке, и экологичные технологии строительства, эксплуатации и демонтажа (разборки и вторичного использования);

– вертикальное озеленение глухих, чаще всего торцевых, стен;

– интеллектуальные системы контроля параметров среды для экономии расхода энергии внутри зданий; автоматика, следящая за режимами работы электроприборов в здании.

Возобновимая энергетика. В обычном нулевом доме могут быть использованы два основных источника возобновимой электроэнергии – солнце и ветер. Остальные возможные источники (энергия движущейся воды и пр.) в обычных зданиях не могут быть применены: для этого необходимо, чтобы, например, рядом со зданием протекала река и пр. Поэтому основными источниками электрической энергии являются солнечные батареи и ветрогенераторы. Наилучшим решением для нулевых домов в городе является органичное совмещение этих устройств со зданиями.

Россия располагает значительными ресурсами солнечной энергии. Наиболее солнечными регионами являются Приморье и юг Иркутской области (среднегодовое поступление солнечной энергии 4,5–5 кВт·ч/м² в день); Северный Кавказ, включая Сочи, характеризуется примерно такими же годовыми поступлениями солнечной радиации, как и Якутия. Это позволяет утверждать, что использование солнечной энергии в России весьма перспективно. Поступление солнечной радиации в наиболее солнечных регионах страны не уступает Испании, где суммы солнечной радиации больше всего на 10–15%.

Из-за небольшой плотности энергии (величины солнечной постоянной) требуется использование больших площадей солнечных батарей. Эти площади имеются в современных городах (стены, крыши, окна и пр.). Солнечные батареи не работают ночью, они малоэффективны в утренние и вечерние часы, а пик электропотребления приходится как раз на вечерние часы. Мощность солнечных батарей снижается при смене погоды. Для преодоления этого недостатка нужно использовать эффективные аккумуляторы либо переда-

вать энергию в городские сети. Чаще всего солнечные модули используют совместно с ветрогенератором, так как для обоих устройств нужны одни и те же дополнительные приборы: аккумуляторные батареи для накопления электроэнергии и ее расходования; контроллеры напряжения и зарядки для защиты от глубокого разряда батареи аккумуляторов; инверторы для преобразования постоянного тока напряжением 12, 24, 48 в переменный ток (230 В), используемый в обычных электроприборах; электросчетчики (рис. 4).

В развитых странах солнечной энергетике уделяют большое внимание. В Японии солнечная энергетика началась с программы 70000 солнечных крыш. Последний проект создан в США: 1000000 солнечных крыш. Владельцы зданий, решившие оборудовать их солнечными батареями, пользуются льготами: государство компенсирует часть затраченных средств, и они получают налоговые льготы. Солнечные батареи постоянно совершенствуются, растет их КПД, снижается стоимость вырабатываемой электроэнергии. Сейчас применяют типы фотоэлектрических элементов: монокристаллические кремниевые; поликристаллические кремниевые; тонкопленочные. Солнечные батареи могут быть в виде жестких непрозрачных и полупрозрачных (за счет устройства светопропускаемых зазоров) панелей большой площади, прозрачных панелей, черепиц, гибких пленок (рис. 5). КПД солнечных элементов постоянно растет, сейчас он равен 17%, но уже разработаны элементы с КПД до 25–30%. Соответствующим образом снижается стоимость получаемой электроэнергии. Прогнозируется, что вскоре она станет не дороже электроэнергии, получаемой от тепловых электростанций.

Для выработки тепловой энергии в нулевом доме применяют: солнечные коллекторы (гелиоколлекторы, гелионагреватели, в которых теплоноситель – жидкость или воздух нагревается солнцем), устанавливаемые чаще всего на кровле; установки для геотермального отопления (использующие низкотемпературную теплоту неглубоких слоев грунта и преобразующую ее в пригодную для обогрева высокотемпературную теплоту с помощью тепловых насосов); системы пассивного солнечного отопления (использующие нагрев массивных стен и последующий отбор тепла для отопления); установки для получения биогаза – метана, ко-

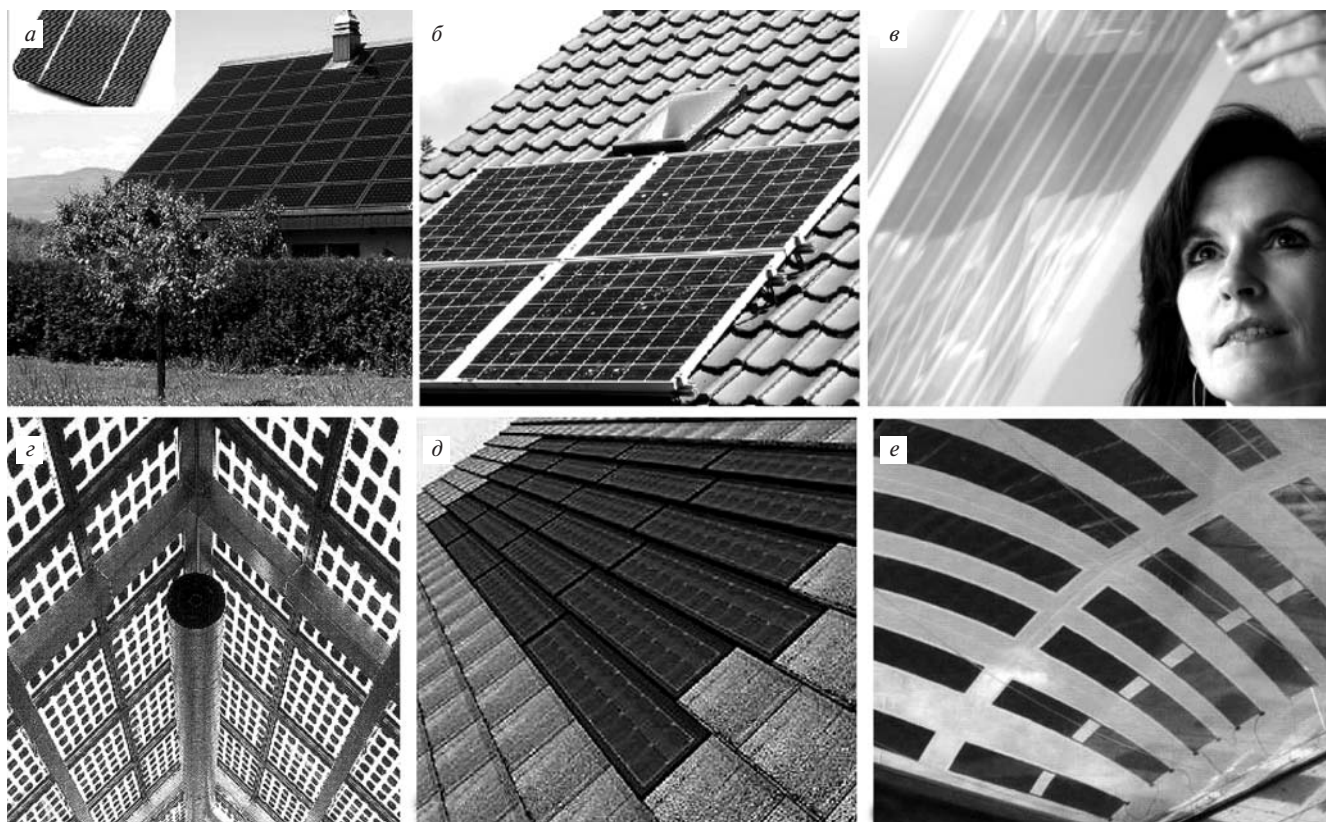


Рис. 5. Типы солнечных батарей: а, б — в виде жестких модулей; в — прозрачные; г — полупрозрачные; д — подобные черепице; е — пленочные

торый можно затем использовать в отоплении), путем утилизации органических отходов.

Гелиоколлектор (солнечный коллектор) — устройство, которое служит для нагрева воды потоком солнечной энергии и является основным компонентом любой солнечной системы теплоснабжения. Такой коллектор включает прозрачную панель, теплопоглощающую панель, набор стеклянных или других трубок для жидкостного теплоносителя, теплоизоляционный слой. В коллекторе происходит преобразование солнечной энергии в тепло, то есть поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. Коллекторы нагревают за опре-

деленное время количество жидкости, которая, как правило, затем накапливается в отдельном баке-аккумуляторе.

Из этих видов источников возобновимой тепловой энергии особенно интересно геотермальное отопление, которое может служить надежным источником тепла в течение всего периода эксплуатации здания. При этом виде отопления используют низкопотенциальное тепло поверхностных и глубинных слоев грунта (ниже глубины промерзания, более надежно — до 50–100 м). Для небольшого здания достаточно одной скважины, а для больших зданий может потребоваться устройство группы скважин с вертикальными тепло-

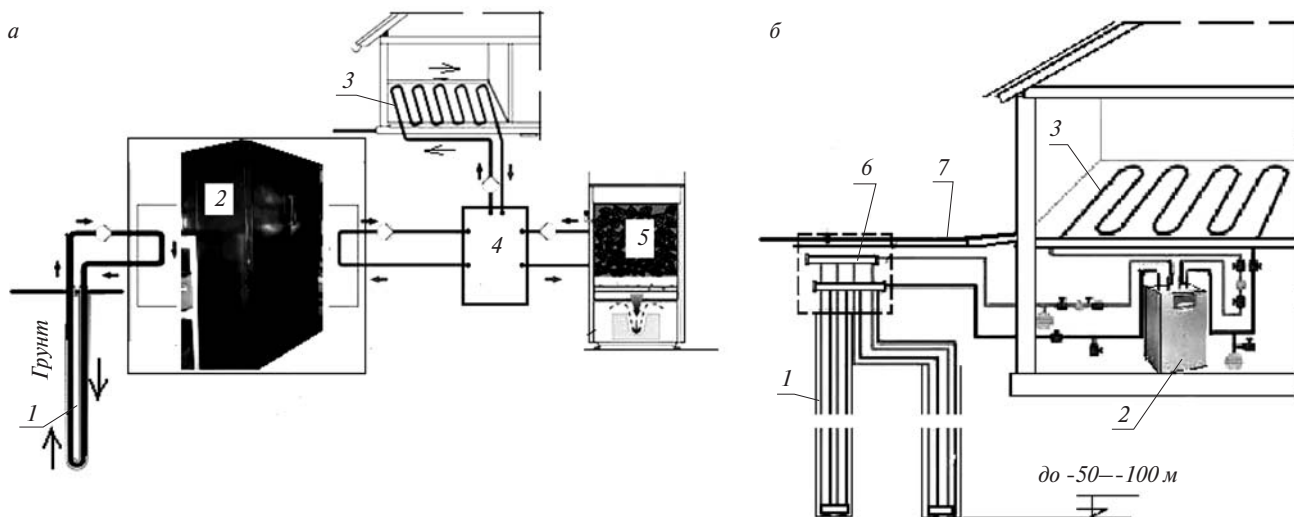


Рис. 6. Схема геотермального отопления с резервным отопительным устройством (а) и без него (б): 1 — вертикальные трубы; 2 — тепловой насос; 3 — отопительный контур в полу; 4 — бак-накопитель; 5 — дополнительный источник нагрева (дровяной котел, ТЭН); 6 — коммуникационный колодец; 7 — изоляция

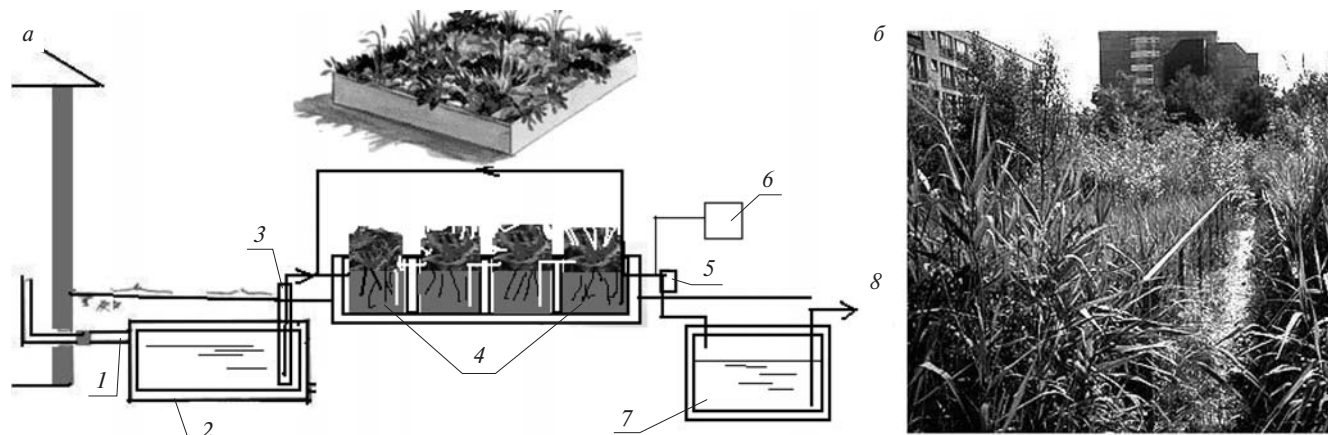


Рис. 7. Работа живых машин: а – схема; б – природный ландшафт как живая машина в жилом квартале Токио: 1 – вход загрязненной воды в систему; 2 – основной резервуар; 3 – фильтр; 4 – каскад емкостей с субстратом, микрофлорой и микрофауной, с растениями в теплице; 5 – система дезинфекции (если нужна); 6 – пульт управления; 7 – бак для очищенной воды; 8 – повторное использование чистой воды

обменниками (рис. 6). Частным случаем вертикальных закрытых систем (без притока грунтовых вод) является использование в качестве грунтовых теплообменников строительных конструкций, например свай с замкнутыми трубопроводами. Диаметр скважины обычно составляет 150 мм. Возможно два варианта получения низкопотенциального тепла из грунта: горизонтальная укладка пластиковых труб в траншеи глубиной 1,3–1,7 м в зависимости от климатических условий местности либо вертикальные скважины глубиной 20–100 м (рис. 6). Укладку труб в траншеи можно производить в виде спиралей, с глубиной 2–4 м, что значительно уменьшает общую длину траншей. Максимальная теплоотдача поверхностного грунта составляет от 7–25 Вт с погонного метра, более глубокого – 20–50 Вт с погонного метра. Срок службы траншей и скважин более 100 лет.

Нулевые отходы. Нулевой дом должен быть нулевым и по отходам. Отношение к отходам, производимым жителями городов, в мировой практике сейчас определяется аббревиатурой RRR – Reduce, Reuse, Recycle, что означает: сокращать количество отходов, повторно использовать материалы, рециклировать (перерабатывать) отходы. К этой аббревиатуре сейчас добавляют четвертое R: Repair – (ремонтировать, а не выбрасывать изделия с небольшими повреждениями). Твердые бытовые отходы ежегодно образуются в количестве около 50 млн т, причем из них используют всего 2,7%. Чаще всего отходы хранят на свалках, занимающих большие территории, которые затем в течение 20–30 лет непригодны для сельскохозяйственных.

Концепция нулевых отходов впервые появилась в конце XX в., в ее основе лежит идея приведения к нулю ненужного использования материалов в отличие от широко распространенной идеи сокращения количества отходов, доставляемых на мусорные свалки. Нулевой дом отличается нулевой эмиссией вредных выделений, загрязнений, отходов. Для этого используют дифференцированный сбор твердых бытовых отходов с последующим направлением на вторичное использование. На первом месте по важности утилизации отходов стоит утилизация органических отходов от кухни (пищевых отходов) и усадебного хозяйства (листьев, травы, помета домашних животных и пр.). Биомассу утилизируют, получая биогаз, воду и удобрение. Биогаз получают в установках, основной частью которых является под-

земный реактор (метантенк) вместимостью до нескольких кубических метров для индивидуального дома.

Настоящими нулевыми при очистке жидких стоков являются так называемые живые машины (разработанные в США), которые представляют собой небольшие экосистемы, создаваемые для очистки загрязненных вод (рис. 7). В этих системах загрязненная вода проходит через несколько бассейнов, населенных водными и болотными растениями, бактериями, водорослями, простейшими живыми организмами, планктоном, улитками, моллюсками, рыбой и прочими мелкими животными. На каждом этапе эта флора и фауна забирает загрязняющие вещества, насыщает воду кислородом, обеззараживает ее и избавляет от патогенных микроорганизмов. Сточные воды проходят сквозь биофильтр и гуминовые материалы, утрачивая неприятные запахи. Затем частично очищенная вода проходит закрытый и открытый баки, каждый из которых снабжает воду кислородом и биологическим материалом для следующих экосистем. В них часть вредных веществ переводится в формы, которые могут переварить растения, проживающие в следующих баках. Доказано, что на получение того же количества чистой воды затраты на энергию в живых машинах на 10–25% ниже, чем в традиционных системах очистки. В более теплом климате очистные сооружения располагают рядом с домом как красивые зеленые элементы природного ландшафта, служащие украшением дворового пространства (рис. 7, б). Данные системы пока не сертифицированы в РФ.

Комплексное использование всех описанных решений позволит получить настоящий нулевой жилой дом. Такие дома [2] уже есть в небольшом количестве в разных странах.

Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М.: ИЦ Россия молодая, 1992. 366 с.
2. Рылевский Е. Энергия для человека (нулевой дом). Варшава: Tinta, 2003. 80 с.
3. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология. М.: Академия, 2008. 368 с.
4. Тетиор А.Н. Нулевой экологичный дом. М.: МГУП, 2010. 231 с.
5. Энергоактивные здания / Под ред. Э.В. Сарнацкого, Н.П. Селиванова. М.: Стройиздат, 1988. 374 с.