

Коммунальное хозяйство городов, ХГАКХ, вып. 27, Киев, «Техника», 2001, с.137-141».

4. Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області. Практичні рекомендації / Антонець С.С., Антонець А.С., Писаренко В.М. [та ін.] – Полтава: РВВ ПДАА, 2010. – 200 с.

**УДК 694**

## **САМАННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК ОСНОВА ЭКОПОСЕЛЕНИЙ**

*Дворников М. А.  
ЧП "Каркас - Днепр"*

За всю историю своей строительной практики человек использовал разнообразные природные материалы. В течение длительного периода наиболее востребованным из них была обыкновенная глина, нашедшая широкое применение в возведении построек самого различного назначения. Сегодня интерес к глинобитным, или саманным, строениям носит не только ретроспективный, но и практический характер – в условиях сложной экологической и экономической обстановки возводимые нашими современниками дома из самана демонстрируют свою актуальность.

**«Вечный» кирпич.** Предшественник обожженной глины, саман представляет собой композитный материал – смесь земли, глины, песка, соломы и воды. По одной из версий, слово «саман» происходит от староанглийского корня, означающего «ком», «скругленная масса», по другой, – от тюркского названия соломы. Сегодня этим термином обозначается как сам материал, так и методика строительства из него.

Кирпич-сырец, изготовленный из глины с добавлением резаной соломы, насчитывает тысячелетия применения. Из него возводились как малоэтажные здания, так и сложные сооружения, о чем свидетельствует применение самана при строительстве Великой Китайской стены, пирамид в Египте и Перу. Жилые дома и хозяйственные постройки из саманного кирпича были распространены в Средней Азии, Иране, Монголии, Китае, Турции, Молдавии и других регионах с сухим и жарким климатом, а также на Украине, в Крыму, Ставрополье и на Кубани. С недавнего времени саманное строительство переживает подъем во всем мире: архитекторы возводят экспериментальные здания в рамках концепции единства природы и цивилизации, а рядовые граждане успешно воплощают идею экодомов своими силами. Отличия результатов работы и тех, и других, как правило, лежат в области дизайна – в сфере технологии все делается по давно известным «рецептам».

### ***Тонкости саманного строительства.***

Саман – композитный материал, состоящий из смеси земли, воды, соломы, глины и песка.

Коротко об основных компонентах.

Из технических свойств глины для самана особенно важны:

- пластиность - способность в увлажнённом виде принимать и сохранять придаваемую ей форму после высыхания;
- способность отвердевать при удалении кристаллизационной воды после обжига при надлежащей температуре.

Сухая глина - жирна на ощупь, легко растирается в порошок, липнет к языку, жадно поглощает влагу.

В зависимости от примеси окисей марганца, железа и органических веществ глины различно окрашены. Примеси окислов железа и углекальциевои соли уменьшают огнеупорность глины.

В зависимости от количества песка и углекислого кальция глина подразделяются на жирную и тощую глину. Первые - жирны на ощупь, жадно поглощают воду, причём, увеличиваются в объёме до двух раз; при просушке, увлажнённая предварительно глина сильно уменьшается в объёме и растрескивается. Тоющие глины на ощупь - не жирны, при растирании между пальцами ощущается примесь песка, с водой дают незначительное увеличение объёма, тесто мало пластиично, при высыхании незначительно изменяются в объёме и не трескаются.

Идеальный для самана песок - острый, грубый твёрдый кристаллический песок, размером от больших сахарных кристаллов до горошинки, чистый, без таких примесей как ил и т.п.

Речной песок - более-менее подходящий. Самый плохой для самана - морской песок.

Песок более мелкий, чем грубый сахар делает саман не очень крепким, поэтому его можно оставить для структурной работы над тонкими деталями. Иногда, если есть сложности с песком, можно использовать гравий.

Солома облегчает саман и добавляет изоляцию, удерживая воздух в полых стеблях. Лучшая для самана солома должна иметь прочные волокна и быть длинной. В земляной стене солома не гниет - она мумифицируется. Прекрасный саман получается из соломы овса, ржи, озимой пшеницы. Также можно использовать порубленный шпагат или другие волокна - камыш, пучки травы или то что есть рядом. Солома обычно занимает 10-15% смеси.

Для хорошего результата нужно хорошо перемешать смесь. В большинстве случаев глина (или глинистая почва) должна быть сначала тщательно замочена, прежде чем добавлять в неё песок и солому. Сухая глинистая почва может быть твёрдой и комковатой, с ней сложно работать.

Для идеальной смеси важна пропорция глины и песка. Нужно достаточно глины, чтобы сделать пластичную, клейкую смесь, но не слишком много, чтобы смесь не сжалась слишком сильно и не трескалась при высыхании. В результате смесь - саман - обычно содержит всего от 5 до 25% глины.

Сами же здания строят как блочным, так и литейным способом.

В первом случае, смешав глину с песком до получения однородной массы и добавив в нее соломенную сечку, смоченную водой, приступают к формовке кирпичей в деревянной форме (с дном или без дна). Внутренние поверхности формы должны быть оструганы и иметь «запас» для более

легкого съема саманных блоков. Так как саманный кирпич не обжигают, а лишь высушивают на солнце (8-12 дней в зависимости от погоды), формировать его начинают весной, чтобы он мог высохнуть в течение лета. Готовые блоки легко обтесываются и рубятся острым топором, не теряя прочности при забивке в них гвоздей. При использовании литейного способа строительства слегка схватившуюся саманную массу вилами, лопатами или вручную укладывают на фундамент, слегка приминая сверху. Свежеуложенный слой оставляют сохнуть на несколько дней и только затем выкладывают следующий. По мере высыхания с боков стены зачищают и выравнивают, отскребая с них лишнее. При этом каждый последующий слой прикрепляется к предыдущему не только склеиванием, но и «вплетением» соломенных волокон. Для этого поверхность каждого очередного слоя не выравнивают, а оставляют с отверстиями и торчащей соломой. При возведении саманного сооружения можно применять опалубку из теса или стальных щитов. В данном случае саман подают в установленный в проектное положение короб-опалубку, слегка поливают его водой и при помощи деревянных трамбовок уплотняют слоями 15-20 см. Глина в опалубке выдерживается примерно 2 дня в солнечную погоду и 3-4 дня – в пасмурную. Затем опалубку передвигают по высоте и возводят следующую часть стены. Во всех случаях по мере строительства оставляют проемы для дверей и окон, поверху которых накладывают перемычку из дерева или железа. Высота стен саманного дома может быть практически любой. В истории имеются примеры многоэтажных строений из земли, которые не просто прекрасно сохранились, но и до сих пор служат людям. В отличие от землебитной стены, скрепляемой гравитацией, саманные здания скреплены трехмерной структурой переплетенных волокон соломы, множество отдельных стеблей которой обеспечивают общую высокую прочность. Тем не менее, высота большинства саманных строений не превышает одного-трех этажей (7-10 метров); при этом стены первого этажа значительно толще стен второго и третьего.

Наконец, как и любому другому строению, саманному дому необходимы хорошая крыша и прочный фундамент для защиты от разрушения водой. Ну, а саманные стены традиционно защищаются от дождя известковой штукатуркой или цементно-песчаным раствором.

### ***Преимущества саманных домов***

**Экологичность.** Строительство домов из самана – наименее «промышленный» и наиболее безопасный из натуральных способов строительства. Саман не токсичен и полностью регенерируем, что очень важно в сегодняшней ситуации истощения природных ресурсов и химического загрязнения окружающей среды.

**Дешевизна.** Саман – один из самых дешевых строительных материалов. Как правило, возведение саманных построек не требует использования высококвалифицированной рабочей силы, специального дорогостоящего оборудования и, соответственно, высокого расхода энергоресурсов.

**Эстетичность.** Пластические особенности самана позволяют создавать органические архитектурные формы с включением искривленных

стен, арок, ниш; таким образом, строитель буквально ваяет дом, подобно скульптору.

**Надежность.** Саман очень стойк к выветриванию и может противостоять длительным периодам дождей. К примеру, в столи «богатой» осадками Великобритании насчитываются десятки тысяч комфортных саманных домов, многие из которых используются более пяти столетий. А в йеменских средневековых десятиэтажных зданиях, построенных частично из самана, поколения людей проживают без малого 900 лет. Особенности состава материала и конструкции обеспечивают также высокую сейсмостойкость саманных домов.

**Теплоизоляция.** Теплоизоляционные характеристики самана выше, чем у бетона, камня или кирпича, поэтому саманные дома не требуют усиленного дополнительного обогрева зимой и обеспечивают прохладу в жаркие летние дни. Кстати, стены толщиной 40-45 см обладают такой же теплоизолирующей способностью, как кирпичные толщиной 0,7 м, а при толщине 60 см имеют сопротивление теплопередаче не менее 10.

Согласно международным стандартам DIN 4102и DIN 18951(21/51),глиносоломенные смеси являются негорючими материалами вплоть до 5% содержания глины, при условии, что минеральное связующее (глина) равномерно распределено по объёму.

Объяснить это легко: глины содержат большое количество калийных соединений, являющихся антипиренами. По международным нормам оштукатуренные стены, построенные по «straw-bale»технологии, можно отнести к классу F45, т. е. сопротивляемость огню не менее 45 минут. Соломенные блоки, положенные на цементный раствор с последующим оштукатуриванием, имеют еще более высокий класс, вплоть до F120.

Поскольку саман огнеупорен, его используют и для изготовления печей и дымоходов; по этой же причине он оптимален для возведения строений в пожароопасных районах.

Уникальность саманных построек несомненна, как и тот факт, что их технико-экономические показатели и эксплуатационные качества заслуживают пристального внимания всех, кому небезразлично экологическое будущее планеты.

Основываясь на вышеизложенном, можно с уверенностью сказать, что саманные постройки являются основой будущих экопоселений.

Чем дальше мы уводим себя от естественного окружения – леса, реки и озера, луга и долины, горы и равнины – тем сильнее чувствуется тоска по чему-то натуральному, родному душе и телу. Жизнь в бетонных коробках, обтянутых лентами асфальта и хромированного металла, для многих людей стала терпимой и уже привычной. А если, к тому же, еще и «евроремонтником» побаловать в своем обиталище – так и вообще жизнь почти малина)

Но! Есть масса нюансов, которые на первый взгляд совсем не бросаются в глаза, а вскоре, с годами дают о себе знать. Например, откуда берутся хронические заболевания у вполне здоровых людей? Или, чего так подавлена и раздражена все время наша нервная система, когда на все «зла не хватает?» Давайте смотреть правде в глаза. Даже самые зажиточные и имущие всегда

предпочтут дорогие и естественные материалы для своего частного дома груде дешевого и неэкологичного стройматериала, с сомнительным составом для воздуха в квартире. Поскольку это: во-первых, истинное уважение к себе, во-вторых, залог сохранения и поддержания хорошего самочувствия, в-третьих, комфортное ощущение «быть на своей земле», в-четвертых, удовольствие и расслабление (как на физическом, так и на эмоциональном уровне), и много других приятных следствий... То есть речь идет именно об экологическом строительстве и о доступных простому смертному материалах, известных еще нашим прадедам, как самые эффективные, экономичные и пригодные для житья-бытья! Пришел тот момент, когда стоит выбрать новое, давно забытое старое. Узнать лучше то, что утрачено, чтобы обеспечить себя возможностью быть здоровым и счастливым в своем собственном доме. А это не что иное, как экодом.

Так что же это такое- "экодом"?

Экодом - это система с положительным экологическим ресурсом. Она состоит из дома низкого энергопотребления и приусадебного участка. Участок предназначен для биологической переработки и утилизации всех жидких и твердых органических отходов и выращивания сельхозпродукции с помощью биоинтенсивных методов и методов пермакультуры. Эти методы позволяют наращивать экологический ресурс приусадебного участка быстрее, чем в естественных природных условиях. Экодом должен быть доступен по цене большей части населения. В понятие "экодом" входит сам дом, надворные постройки, приусадебный участок с биоботанической площадкой, садом, огородом, лесными культурами, системой накопления воды, местом отдыха.

Для воплощения определения экодома в практику необходимо выполнить следующие требования:

**Первое.** Экодом должен обеспечиваться теплом, горячей водой и электричеством преимущественно за счет возобновляемых источников энергии. Избытки тепловой энергии накапливаются и хранятся в аккумуляторах тепла. Длительному сохранению тепла в доме способствуют также архитектурные и конструкторские решения, эффективные утеплители. При недостатке "солнечного" тепла и электроэнергии в экодоме используются печи на возобновимом топливе.

**Второе.** Для строительства экодома должны использоваться местные строительные материалы, малозатратные по способу добычи, переработке, перевозке, позволяющие применять технологии строительства дома без тяжелой техники. Подбор материалов должен быть такой, чтобы после окончания эксплуатационного цикла экодома материалы естественным образом могли быть утилизированы на месте. Применение местных материалов делает экодом доступным малообеспеченным слоям населения.

**Третье.** При эксплуатации экодома необходимо применять естественные биоинтенсивные технологии для переработки и утилизации органических отходов (твердых, жидких) и для повышения плодородия почвы, выращивания сельхозпродукции. Это можно обеспечить ведением органического земледелия и выращиванием компостных культур для удобрения сада-огорода, без привоза удобрений извне. Экодом должен

обеспечить накапливание экологического ресурса участка, на котором он построен.

Комфортность предполагает удобство и благоприятные условия проживания. Другими словами дом должен быть светлым, сухим, зимой теплым, летом прохладным, иметь свежий воздух, достаточное (но разумное) количество жилых и подсобных помещений и развитую систему хлодообеспечения.

Красота относится к эстетической (а точнее к духовной) категории и является важным элементом экодома. Проще говоря, дом должен иметь привлекательный, радующий взгляд вид.

Низкая стоимость – важнейшее качество экодома, поскольку предполагает доступность его по цене большей части населения. Он по крайней мере должен быть сопоставим по затратам на строительство с традиционным домом (в идеале быть дешевле), а в части эксплуатации – значительно дешевле его. Вообще стоимость экодома прямо и непосредственно связана с остальными его качествами, а в некоторых случаях является определяющей категорией для выбора конкретных решений. Например, тщательное сохранение тепла в доме, приводящее к использованию дополнительных нестандартных конструкторских решений и материалов, вызвано не в последнюю очередь дорогоизнаной автономных источников энергии (ВЭС, солнечных модулей и т.п.). Ясно, что можно было бы так тщательно не бороться за сохранение тепла, горячей воды и электроэнергии, а решить проблему в лоб: установить ветроэлектростанцию (ВЭС) мощностью, скажем 20-30 квт и греть электричеством котлы отопления и горячей воды. Стоимость такой ВЭС была бы намного выше стоимости дома. Это, конечно крайность, есть другие более рациональные приемы отопления не утепленного дома (например, газогенераторными печами большой мощности), но и они экономически менее целесообразны, чем усиление теплоизоляции корпуса в совокупности с максимальным использованием «бесплатной» солнечной энергии.

Уменьшению стоимости экодома способствует также выбор дешевых (но качественных) материалов, широкое использование местного сырья для исключения дальних транспортных перевозок и сокращения использования тяжелой строительной техники, возможность самостоятельного изготовления некоторых строительных материалов и элементов инженерных систем, применение высокотехнологичного прогрессивного миниоборудования для строительства.

Рассмотрим подробно основные функции и элементы экодома

**Накопление тепла.** Как уже говорилось, накопление тепла обеспечивается в первую очередь конструктивными, архитектурно-планировочными решениями и применением эффективных утеплителей. Здесь необходимо отметить, что процесс накопления тепла в экодоме состоит из двух частей – получения тепла (в виде поглощения солнечной энергии и прямого нагрева с помощью отопительных приборов) и его сохранения. Первая составляющая обеспечивается в основном архитектурными

решениями, а вторая - конструкцией дома и использованием соответствующих материалов.

Отличительная особенность корпуса экодома состоит в существенно более высоких требованиях к сохранению тепла, чем в обычном доме. Достаточно сказать, что тепловое сопротивление ограждающих конструкций экодома должно быть не менее 6 кв.м\*градС/вт, что примерно в 5-6 раз больше, чем у обычных домов из кирпича с традиционной теплозащитой. Это минимальное значение, способное дать экономический эффект от применения солнечного обогрева, который в первую очередь и используется в экодомах, и сохраняя ночью накопленное днем тепло. Поэтому конструктивные решения включают в себя обязательное использование в элементах корпуса (фундаменте, стенах, крыше, полах) эффективных утеплителей, отсутствие мостиков холода, особенно в стыках, специальные конструкции окон и дверей, задвигающиеся ставни, тамбуры и т.п. Большую роль в сохранении тепла играет также тепловая инерция экодома, которую обеспечивает термическая масса в виде тяжелого материала корпуса (стен, фундамента, перегородок и перекрытий) и дополнительных аккумуляторов тепла (см. ниже). Летом она же защищает дом от перегрева.

Выбор эффективных утеплителей в строительстве достаточно широк, но применение большинства материалов ограничено и даже невозможно в силу их неэкологичности (токсичности) и сложности последующей (после истечения срока службы) утилизации. Поэтому даже такие широко распространенные утеплители, как минеральная вата и пенопласт применять нежелательно. Наилучшими являются естественные утеплители – соломенные или камышовые блоки, растительная (льняная) костра. Возможно использование сыпучих материалов – опилок, керамзита и т.п.

Отдельно нужно остановиться на архитектуре и объемно-планировочных решениях экодома, поскольку именно они в первую очередь обеспечивают высокую энергоэффективность экодома, способствуют оптимальному функционированию основных энергетических систем и размещению инженерного оборудования, не говоря уж о реализации таких качеств как красота и комфортность. Основным приемом здесь является так называемая «солнечная архитектура». Она обеспечивает максимальный прием и использование солнечного излучения на обогрев, приготовление горячей воды и частично электрообеспечение. В отличии от обычного «солнечный дом» эффективно поглощает и аккумулирует в себе солнечную энергию. Главными инженерными элементами его являются расположенные на крыше или стенах солнечные коллекторы для нагрева воздуха и воды и солнечные батареи.

«Солнечная архитектура» предполагает, во-первых, правильную ориентацию дома, а именно, сторона дома, имеющая наибольшую общую площадь и большую часть крыши, где расположены солнечные коллекторы и батареи, должна быть направлена на юг. Один из выгодных вариантов – односкатная крыша с оптимальным для работы коллекторов углом наклона. Иногда отдается предпочтение варианту с вертикальным расположением солнечных коллекторов (на стене), который проще в монтаже и обслуживании, т.к. не требует уплотнения от воды, устраниет проблему снеговой нагрузки и

чистки от пыли и снега. Во-вторых, с точки зрения уменьшения потерь тепла дом должен иметь разумные размеры и быть компактным, а оптимальная форма приближаться к кубу. Однако, учитывая требование увеличения площади съема солнечной энергии, можно увеличить в 1,2 – 1,5 раз размеры дома в направлении восток-запад.

Для сохранения тепла используется и другой прием «солнечной архитектуры», называемый буферным зонированием, предполагающий использование различных не отапливаемых (или частично отапливаемых) подсобных помещений вокруг дома. Это и теплица с южной стороны, которую предусматривают практически все проекты «солнечных» домов, и веранды с востока и запада. Необходимо учитывать и розу ветров, т.к. потери за счет уноса тепла ветром весьма велики. Поэтому стену, расположенную против господствующего направления ветра следует делать глухой (без окон и дверей) и закрывать буферной зоной, обычно это гараж и (или) мастерская.

Ввиду того, что дом окружен буферными зонами и поэтому имеет меньше окон, «солнечная архитектура» предлагает для эффективного освещения помимо окон устраивать дополнительные световые каналы как в стенах, так и в крыше.

#### **Экономия и аккумуляция электроэнергии**

Использование в экодоме пока еще дорогих генераторов электроэнергии, к тому же сильно зависящих от погодных условий, а следовательно отличающихся крайней неравномерностью выработки энергии во времени, приводит к необходимости аккумуляции ее и тщательной экономии. Аккумуляция позволяет исключить перегрузки автономной и относительно маломощной сети при одновременной работе всех электроприборов, независимо от их мощности, пользоваться некачественной сетью, характерной при использовании альтернативных источников (скачки напряжения, его пониженное значение, временные отключения тока и т.д.), в случае частичного использования центральной сети пользоваться энергией по сниженному тарифу вочные часы (для зарядки аккумуляторов). Для накопления электроэнергии используют обычные электрические аккумуляторы большой мощности.

Необходимость экономии электроэнергии приводит к преимущественному использованию энергосберегающих ламп для освещения и различных радиоэлектронных устройств для регулирования мощности и автоматического отключения электрорадиоприборов (таймеры, сенсорные датчики, тиристорные регуляторы тока и т.д.). Энергосберегающие лампы, появившиеся совсем недавно, позволяют сократить электропотребление в 5 раз по сравнению с обычными лампами накаливания при сохранении той же освещенности и имеют на порядок более высокую долговечность (до 12 лет). Выбор их достаточно широк как по форме и цветовой гамме, так и по типу цоколя. Большую роль в достижении экономии играет также тщательный анализ и выбор бытовой техники и радиоэлектронной аппаратуры преимущественно по критерию малой мощности потребления. Рекомендации и обоснование использования большинства типов приборов должны быть заложены в инженерный проект экодома.

**Водоснабжение; экономия и накопление воды.** Основное водоснабжение экодома осуществляется от скважины и колодца с помощью насоса. Обычно это погружной либо глубинный насосы центробежного или мембранных типов. Ассортимент насосов, имеющихся в продаже достаточно широк, они сравнительно дешевы и обладают высокой производительностью для нормального функционирования системы водоснабжения. Представляется интересным использование для подъема воды из скважины ветромеханических насосов.

Если поблизости есть речка или пруд, дополнительно к основному источнику водоснабжения используется вода из этих источников для полива участка и для технических нужд (душ, ванна, туалет, стирка). Чтобы обеспечить равномерное поступление воды и создать постоянное давление в водопроводной сети, часто применяют водонапорные баки и емкости, расположенные на определенной высоте от поверхности земли.

У большинства жителей городских домов, использующих центральный водопровод, сложилась привычка бездумно расходовать воду, как горячую, так и холодную. В экодоме с этой привычкой придется расстаться. Использование воды из скважины, а также минимизация мощности водоподъемных насосов приводит к необходимости тщательной экономии воды. В частности чистую воду желательно использовать только для питья, приготовления еды и для мытья рук. Для технических нужд повторно используется очищенная вода из разных источников. Степень очистки при этом определяет область ее применения. Например, в случае сливного туалета стоки из ванной и душа пропускаются через простой песчаный фильтр и направляются в бачок унитаза для повторного использования. Для стирки, ванной и душа может использоваться вода из накопительного резервуара для сбора и накапливания талой и дождевой воды, в который собирается вода со всех поверхностей экодома по специальным водотокам. Эта же вода, как и вода из накопительного пруда, используется для полива. Накопительный пруд – обязательный элемент экодома, в него отводятся поверхностные грунтовые стоки, а весной – талые воды. Кроме того, в него отводится очищенная и профильтрованная сточная вода из дома для тонкой доочистки с помощью водной растительности.

Снижение потребления горячей и холодной воды обуславливает также использование водосберегающих приборов (ручной и автоматической запорной арматуры, специальных смесителей), а также нестандартных технических решений (например, разных контуров для питьевой и технической воды).

Для экономии и накопления горячей воды используют суточные баки-аккумуляторы и различные системы автоматического регулирования температуры.

**Переработка отходов жизнедеятельности.** Эта функция является одной из основных функций экодома, оправдывающей его название. Все отходы жизнедеятельности должны быть полностью утилизированы и возвращены природе и человеку в естественном и чистом виде.

Отходы жизнедеятельности делятся на твердые и жидкие. Твердые состоят из перерабатываемой (пищевые отходы и отходы из туалета) и неперерабатываемой (стекло, металл, пластмасса и т.д.) частей. Поэтому разделение отходов – важная часть образа жизни в экодоме. Перерабатываемые (органические) отходы являются ценным продуктом для производства удобрения, используемого на приусадебном участке. Для этого они утилизируются либо в специальных биореакторах, расположенных в техническом подвале, биологическими методами, либо непосредственно на участке методом компостирования.

Неперерабатываемая часть разделяется на однородные материалы, которые после накопления сдаются для утилизации или вторичного использования на предприятия экоселка или близлежащего города.

Для непрерывной переработки всех органических отходов жизнедеятельности семьи используют различные типы биотуалетов, как безводных, так и смывных. Все они состоят из одного или нескольких контейнеров-биореакторов и двух приемных отверстий: для сброса органических отходов и унитаза. Контейнеры оборудованы системой аэрации и вытяжки, чтобы поддерживать процессы компостирования и устранять запахи в туалетном помещении.

Жидкие отходы или бытовые стоки пропускаются через различные фильтры (механические, почвенные, септики) и отстойники, в которых остается и накапливается твердая часть в виде ила, перерабатываемого затем совместно с твердыми отходами методом компостирования. Одним из главных элементов систем очистки стоков является септик. Он обеспечивает накопление стоков, медленное их движение и эффективную очистку с помощью микрофлоры. Часто для улучшения очистки на выходе септика встраивается камера с адсорбирующими материалами. Таким образом стандартная схема очистки стоков включает в себя (в порядке расположения) различные механические фильтры и уловители, септик и затем почвенные фильтры (фильтрующая траншея, фильтрующая кассета, почвенно-песчаный фильтр и т.п.). Далее очищенная вода попадает в накопительный пруд для тонкой доочистки, как уже упоминалось в предыдущей главе. Существуют схемы очистки и без накопительного пруда.

**Вентиляция.** Поскольку экодом обладает повышенной герметичностью, воздухообмен в нем хуже, чем в обычном доме. Поэтому для обеспечения хорошего качества воздуха, его необходимо интенсивно вентилировать. Сочетание герметичности с хорошей вентиляцией представляет собой одну из главных проблем. Для создания комфортных условий нужна полная замена воздуха в помещении с определенной скоростью, поэтому главные теплопотери при высокой герметичности обусловлены вентиляцией. Чтобы их уменьшить, используют рекуперацию тепла. В этом случае на выходе вентиляционной системы ставят теплообменник, в котором тепло удаляемого из дома при вентиляции воздуха передается свежему воздуху, поступающему снаружи. Такие системы позволяют вернуть до 50-70% тепла в дом, а некоторые – до 80%

Различают естественную и принудительную вентиляцию. При этом для естественной существуют две основные схемы: с непосредственным смешиванием свежего и загрязненного воздуха (традиционное проветривание через вентиляционные отверстия и форточку) и вытеснительная схема, когда воздух фронтом перемещается от одной стены к другой. В первом случае происходит постоянное перемешивание чистого и загрязненного воздуха (т.к. он идет узким потоком), в выбрасываемом воздухе присутствует большая часть свежего воздуха, поэтому высокой степени очистки не происходит. Такая схема применяется для вентиляции помещений небольшого объема и требующих быструю смену воздуха, т.е. для кухни, ванной и туалета, причем вытяжку осуществляют через туалет.

Для жилых помещений может использоваться вытеснительная схема. В ней достигается почти полное удаление отработанного воздуха. Однако такая схема нарушает герметичность дома, так как стены должны быть воздухопроницаемы: либо из пористых материалов, либо иметь систему мелких отверстий, равномерно распределенных по поверхности стены.

Чаще в экодоме используют принудительную вентиляцию в комбинации с естественной и в сочетании с рекуперацией.

Составной частью системы вентиляции является и встроенная система фильтрации воздуха, используемая для его очистки от пыли, а также удаления ее с поверхностей пола, мебели, одежды и пр. Обычно фильтрация осуществляется через водяную пену (барботажная схема) и совмещается с системой озонирования или ультразвуковой обработки воздуха.

**Отопление и получение горячей воды.** В качестве основного источника энергии для обогрева экодома и производства горячей воды используется солнце и незначительное количество растительного топлива. В промежуточных вариантах допускается использование электроэнергии и невозобновимого топлива, но их расход значительно меньше, чем в обычном доме. В силу высокой теплоизоляции экодома, немаловажную роль в его обогреве играют косвенные источники тепла, такие как различные электро- и радиоприборы (осветительные лампы, телевизор, компьютер и т.д.), а также люди и животные, проживающие в доме. Но, повторимся, основной источник – солнце.

Солнечная архитектура позволяет спроектировать дом как с пассивной, так и активной солнечной системой отопления. Пассивное солнечное отопление давно известно и заключается в использовании архитектурных, объемно-планировочных форм и элементов конструкции здания в качестве теплоприемников и аккумуляторов солнечной энергии. При этом весь дом как бы превращается в солнечный коллектор. Помимо перечисленных выше мер по накоплению тепла, для повышения к.п.д. пассивного обогрева используют прозрачные крыши, стены Тромба-Мишеля (когда снаружи массивных стен через небольшой воздушный промежуток устанавливают тонкую прозрачную стену) и т.д. Такие дома довольно широко распространены в южных странах. В советское время строили экспериментальные дома с остекленной крышей в Средней Азии и в Крыму.

Активная система солнечного отопления использует для обогрева и горячей воды воздушные и водяные солнечные коллекторы, которые могут

устанавливаться на крыше и в стенах дома и пар-нике или рядом с домом в отдельном здании или на специальном каркасе.

В условиях системы пассивного отопления в чистом виде не используются из-за низкого к.п.д., но в сочетании с активными системами они оправданы и должны применяться.

В осенне-весенний период экодом проще всего отапливать при помощи воздушных коллекторов. Типичная схема активного отопления состоит из воздушного солнечного коллектора, воздуховодов, вентилятора и галечного аккумулятора. Если температура в помещениях недостаточна, то горячий воздух из воздушного коллектора подается в комнаты и нагревает их. Если в помещениях тепло, то горячий воздух, минуя комнаты, поступает в тепловой аккумулятор.

Главный элемент системы воздушного обогрева – солнечный коллектор. Его конструкция очень проста. Это плоский тонкий ящик, дно которого снаружи (снизу) теплоизолировано, а изнутри покрыто материалом с большим коэффициентом поглощения солнечной энергии (обычно это химически зачерненная окислами хрома или никеля, а, в простейшем случае, покрашенная черной краской поверхность). Сверху ящик закрыт стеклом или другим прозрачным материалом. Видимый свет (в том числе и рассеянный, поскольку в пасмурную погоду коллектор также действует, но с меньшим эффектом), проникая сквозь стекло, поглощается черной поверхностью, превращается в тепло и нагревает воздух в замкнутом объеме коллектора (парниковый эффект). В верхней части коллектора расположена трубка для выхода горячего воздуха, а в нижней – для входа холодного. Воздушные коллекторы просты и дешевые, производство их несложно, возможно даже самостоятельное изготовление. Поэтому, несмотря на низкий к.п.д., использование их весьма целесообразно.

При длительном отсутствии солнца недостаток тепла компенсируется использованием других источников тепла (ветроустановки, миниГЭС). Целесообразно для этих целей использовать печи на растительном топливе. В последнее время появилось много новых конструкций печей с высоким к.п.д. (до 80%), достигаемым за счет использования эффекта медленного горения с каталитическим дожигом горючих газов или газогенераторные печи (например «Буллерин» и др.). Они позволяют отапливать большие объемы помещений одной небольшой заправкой топлива в сутки. Например, самый малый «Буллерин» способен отапливать помещение объемом 100 м<sup>3</sup> в течение 10-12 часов при массе одной закладки растительного топлива (древесных отходов, макулатуры, прессованной соломы и пр.) всего 4-5 кг. Учитывая в несколько раз более низкие теплопотери экодома по сравнению с обычным домом, такая печь может отапливать значительно большие объемы (весь дом) целые сутки и более. Газогенераторные печи снабжены системой труб и воздуховодами, обеспечивающими подачу теплого воздуха в разные помещения для их быстрого нагрева, имеют малый вес (десятки кг), просты в монтаже и эксплуатации, а также надежны и долговечны.

Для приготовления горячей воды и, дополнительно, для отопления в холодное время года служит водогрейная установка на основе водяного

солнечного коллектора. Такая система бывает двух видов: с естественной и принудительной циркуляцией воды (жидкости). Система с естественной циркуляцией содержит водяной коллектор, систему труб и бак-аккумулятор, который размещается примерно на 60 см выше коллектора. За счет того, что нагретая в коллекторе вода легче холодной, поступающей в него из бака, возникает конвекция. При этом горячая вода из верхней части коллектора поступает в верхнюю часть бака, вытесняя в его нижнюю часть более холодную воду. Возникающий при этом непрерывный замкнутый цикл подобен тому, что происходит в системах отопления частных домов с газовым котлом. Система с естественной циркуляцией не требует перекачивающего насоса, но накладывает ограничения на конструкцию и монтаж из-за необходимости размещения тяжелого бака аккумулятора на крыше выше коллектора. Поэтому она обычно применяется для летнего душа, летней кухни и т.п.

Более удобна с точки зрения размещения солнечная водогрейная установка с принудительной вентиляцией. Она отличается от системы с естественной циркуляцией наличием насоса и блока терморегулирования. Каждый раз, когда температура в коллекторе достигает определенного значения, включается насос и вода в системе прокачивается до тех пор, пока температура не опустится до определенного значения, после чего насос снова выключается. Такая система называется одноконтурной. В ней горячая вода, циркулирующая по замкнутому контуру коллектор-бак, одновременно используется для хозяйственных нужд и отопления (в этом случае в систему труб, соединяющих коллектор с баком, врезают радиаторы отопления).

Чаще используется двух- и трехконтурные системы. В них бак аккумулятор второго контура нагревается теплообменником, входящим в контур солнечного коллектора. При этом легче следить за расходом воды, регулировать ее температуру, удобно располагать дополнительный бойлер (резервный нагреватель), например, ту же газогенераторную печь или электронагреватель, и, наконец, использовать в контуре коллектора незамерзающую жидкость (антифриз), что бывает необходимо в морозном климате из-за слабой теплоизоляции коллектора.

Итак, система с жидкостным солнечным коллектором приготавливает горячую воду и одновременно является частью отопительной системы. Однако летом она должна работать в автономном режиме только для подогрева воды, что необходимо предусмотреть при ее проектировании.

Как уже говорилось, неотъемлемой частью отопительной системы экодома является тепловой аккумулятор. Необходимость его использования вызвана колебаниями температуры в солнечных отопительных системах в течение суток и в зависимости от времени года. Поэтому аккумуляторы подразделяются на суточные и сезонные. Кроме того они бывают активными и пассивными.

Пассивные аккумуляторы являются элементами конструкции дома и представляют собой массивы из тяжелого материала с высокой теплоемкостью, например, кирпича или грунтоблоков, из которых построены

печь и внутренние части корпуса дома. Они используются для увеличения тепловой инерции дома. Это, в основном, суточные аккумуляторы.

Активные аккумуляторы представляют собой самостоятельную конструкцию, поэтому более сложны по устройству, чем пассивные. Например, такой суточный активный аккумулятор может быть встроен в одну из перегородок, представляя собой полую стену, с размещенными внутри баками с водой, через которые проходят трубы от систем солнечного отопления и дымовые трубы от пе-чи. Хорошая теплоизоляция обеспечивает медленное остывание бака с водой для поддержания при-емлемой температуры в комнате.

В качестве сезонных аккумуляторов используются резервуары с водой, контейнеры с гравием и галькой, соли, обладающие низкими температурами фазового перехода. Однако их использование затруднено из-за громоздкости и сложности изготовления и утепления контейнеров и резервуаров. Нужны огромные объемы воды или гальки, исчисляемые сотнями и тысячами кубометров, для того, чтобы сохранить зимой тепло, накопленное летом. Перспективны в этом направлении аккумуляторы, использующие обратимые химические реакции, протекающие с поглощением и выделением тепла). Такие аккумуляторы по размерам значительно меньше остальных. Для них применяются недорогие и широко распространенные соли.

На сегодняшний день, пока не удается полностью отказаться от центральной электросети или от дизельгенераторов. В этом случае, наиболее перспективным для отопления и горячего водоснабжения, в комбинации с вышеупомянутыми системами, является недавно разработанный НПО «Энергия Плюс» электрохимический теплогенератор «Дегер».

**Производство электроэнергии.** Использование электроэнергии в экодоме имеет свои особенности. В частности, кроме потребления ее на обычные нужды: освещение, питание электро- и радиоприборов, бытовой техники, она используется для питания специфического инженерного оборудования экодома, например, вентиляторов и небольших насосов системы воздушного и водяного солнечного отопления, насосов системы водоснабжения и пр. Как уже говорилось, основными источниками электроэнергии в экодоме являются автономные альтернативные источники: ветроэлектростанции, солнечные батареи, микрогэс, и др., а в качестве дополнительных могут использоваться центральная сеть (если она есть поблизости) и генераторы на невозобновимых источниках энергии (бензине, солярке и др.).

Необходимо отметить, что сейчас стоимость электроэнергии, получаемой от сети меньше, чем стоимость ее от автономных источников. Но тенденция такова, что стоимость энергии от сети постоянно растет, а стоимость автономных электростанций на возобновимом топливе падает. Например, в странах Западной Европы, где интенсивно развивается ветроэнергетика, стоимость электроэнергии, вырабатываемой ветростанциями (ВЭС) уже сейчас сравнима и даже меньше, чем стоимость энергии, получаемой от тепловых, атомных и гидроэлектростанций.

Самую высокую удельную стоимость (стоимость на единицу мощности) сейчас имеют солнечные модули и батареи – от 3 до 7 долл. за ватт. Однако новейшие достижения в микроэлектронике и физике полупроводников позволяют по оценкам специалистов уже в течение ближайших 3-5 лет снизить цену на них до 1 долл. (сейчас это стоимость ВЭС) и затем сделать их самыми дешевыми источниками из всех. Если сюда добавить высочайшую надежность и долговечность, а также простоту монтажа и эксплуатации, то солнечные электростанции (СЭС) являются самыми перспективными источниками энергии для экодома. На первом подготовительном этапе развития экопоселений несколько солнечных модулей небольшой мощности (200-300 Вт) могут быть использованы, например, для питания вентиляторов и насосов систем отопления. Это целесообразно и потому, что обеспечивается синхронная работа солнечных коллекторов и солнечных электрических модулей, поскольку оба используют общий источник энергии – солнце.

Основным источником электроэнергии в экодоме, на наш взгляд, будут малые ветроэлек-тростанции (ВЭС). Существует большое количество проектов малых ВЭС мощностью от нескольких сотен Вт до десятков кВт, как в нашей стране, так и за рубежом. Однако есть ряд моментов, на которые необходимо обратить внимание. Большинство зарубежных ВЭС рассчитаны на работу при высоких скоростях ветра (12 м/сек и выше). Вероятно, это связано со специфическими условиями работы там, где они больше всего применяются (пустынные и гористые местности, побережья морей и океанов). В настоящее время у нас в Украине имеются разработки и образцы имеющие лучшие характеристики, чем у зарубежных ВЭС, в частности они способны эффективно работать при малых скоростях ветра (2-5 м/сек и даже ниже).

Если поблизости от экодома протекает речка или ручей, для производства электроэнергии выгодно использовать энергию течения воды, устанавливая микрогидроэлектростанции (микро ГЭС). Они имеют мощность от единиц до десятков кВт и по стоимости и эксплуатации могут оказаться дешевле ВЭС. Ценным их качеством является независимость от погодных условий и равномерность выработки энергии во времени, т.к. скорость течения намного более постоянная величина, чем ско-рость ветра или поток солнца. Микро ГЭС бывают погруженные (устанавливаются на дно реки), деривационные, или рукавные (используют гибкую трубу для формирования водного потока большой скорости вне ручья) и свободнопоточные (плавают на поверхности реки). Они очень надежны, долговечны, просты в эксплуатации и сравнительно дешевы.

Неотъемлемой частью электрообеспечения экодома являются источники бесперебойного питания (ИБП). Как уже указывалось, альтернативные источники электроэнергии имеют низкие выходные напряжения (практически все ветро- и гидрогенераторы и солнечные модули выдают напряжения из стандартного ряда: 12, 24, 36, 48, 60 вольт), обладают крайней неравномерностью выработки энергии во времени, а иногда и вообще не работают (в отсутствии солнца и ветра, например). Поэтому необходима аккумуляция энергии и преобразование ее в стандартную сеть 220 вольт. Далее, поскольку для производства электроэнергии используются несколько