

СИБИРСКАЯ ЭКО-УСАДЬБА – АНАЛИЗ РЕАЛИЗОВАННЫХ РЕШЕНИЙ***Зырянов В.В.****Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск*

В условиях сибирского климата с коротким и непредсказуемым строительным сезоном на проблемном грунте был реализован проект полуавтономной эко-усадьбы с применением ряда новых технологий и патентованных технических решений. Были адаптированы некоторые идеи умного дома в пассивном исполнении. Проект вписывается в концепцию устойчивого развития населенных пунктов, которая подразумевает на стадиях строительства и эксплуатации бережное отношение к окружающей среде и минимальное потребление не возобновляемых ресурсов. Более того, при строительстве было утилизировано с пользой множество отходов (табл. 1).

Реализованный пилотный проект необходимо рассматривать в контексте российских и планетарных проблем - экологических, климатических, социальных. В условиях слабо развитой инфраструктуры, например, в Сибири, многих развивающихся странах и некоторых регионах развитых стран, полуавтономные населенные пункты имеют очевидное преимущество при условии доступа к электроэнергии. Треть территории планеты практически не обустроена, т.к. не охвачена электрической сетью, а на освоенных цивилизацией землях нарушения экологии нередко имеют необратимый характер. Очевидно, что оставшиеся свободные территории должны осваиваться на современных решениях и строгих требованиях по сохранению окружающей среды. Большие усилия прилагает мировое научно-техническое сообщество к разработке альтернативной энергетики на возобновляемых ресурсах. Однако проблема остается горячей, а надежды не оправдываются. Производимая в ряде развитых стран «альтернативная» энергия поддерживается бюджетами искусственно в расчете на снижение стоимости при масштабном использовании. Резиденции в автономных населенных пунктах с современным уровнем цивилизации в чистой среде востребованы при условии доступной распределенной генерации. Возобновляемые источники энергии – солнце, ветер, биоресурсы имеют принципиальный недостаток – непостоянство, поэтому нуждаются в системах аккумулирования энергии и умных сетях. Для налогоплательщиков альтернативная энергетика преподносится экологически чистой, в оправдание сильно завышенной стоимости. Однако это совсем не так – повышенная стоимость однозначно указывает на большие экологические издержки, т.к. в стоимости всех товаров и услуг заложена рыночная цена на энергию. Экологические проблемы просто остаются на месте производства энергетических установок, а преимущества демонстрируются в местах потребления. Автор начинал заниматься проблемами эко-строительства в 1980-90 гг. вместе с другими энтузиастами в Академгородке [1], а в 2000-е профессиональной научной деятельностью стала разработка наноматериалов для реализации чистой распределенной энергетики [2-3]. Эко-поселения с устойчивым типом развития и чистая распределенная энергетика взаимно дополняют друг друга и проявляют очевидный синергизм: автономным поселениям нужна электроэнергия по цене сетевой, а для инвестиций в разработку микроТЭС требуется надежный спрос. Синергизм усиливается также современным трендом в автомобильной отрасли – электромобилями, для массового распространения которых не хватает только инфраструктуры заправок. В поселениях с избытком электроэнергии в ночное время такая инфраструктура появляется автоматически. Главная проблема распределенной генерации, связанная с неустойчивым по-

треблением энергии, легко и без затрат решается в эко-поселениях, в т. ч. за счет подсветки в теплицах для утилизации углекислого газа. Для чистой безотходной генерации планируются не востребуемые виды твердого топлива – высокозольные угли и сланцы, отходы углеобогащения, а в качестве возможной добавки – торф, био-отходы, шламы водоочистки. Эти некондиционные ресурсы распространены повсеместно, имеют практически неограниченные запасы и нередко отрицательные цены. С учетом резкого снижения затрат на транспорт, потребляющего в основном жидкие углеводороды, альтернативы предлагаемой концепции рационального использования сырья не существует. Для полного сжигания пылевидного некондиционного топлива и получения вместо золы дорогих микросферических материалов достаточно обогащения воздуха кислородом до 30-40% [2]. Нам удалось разработать архитектуру тонкой кислородной мембраны на основе многоуровневого нанокермета из лучших проводников $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3/\text{Ag}$ с рабочей температурой 500 °С, которая внушает оптимизм в получении кислорода для угольной энергетики. В технологии используется отработанное тепло с реактора и очищенные отходящие газы для сдувания кислорода. Успехи в разработке ключевого элемента распределенной мультигенерации приближают реализацию идеи автономных эко-поселений, доступных среднему классу.

Общие положения

Реальная коммерциализация новых подходов и строительных технологий в пакете для резиденций возможна только после демонстрации пилотного проекта и только при организованном строительстве поселений. При создании индивидуального дома важно выдержать баланс между стоимостью строительства и будущими затратами на содержание и ремонт. Разумно придерживаться стандартного критерия, что инвестиции в материалы, технологии или инженерные системы должны окупаться за 5 лет. Ясно, что идеальное для бухгалтера строительство дома за сезон технологически невозможно, а затягивание строительства до 4-5 лет снижает эффективность семейных инвестиций. Мы надеялись завершить дом за 4 сезона, но успели только за 5. В условиях короткого строительного сезона крайне важным моментом строительства дома является организация работ и закупок, с которыми должны быть согласованы проект, способы строительства, материалы и технологии. Не учет возможных погодных условий в организации работ грозит большими потерями, чем простая разница в ценах на материалы. Крайне важно разделить строительство дома на такие этапы, которые являются естественными и не приводят к удорожанию и снижению качества, переделке сделанного и т.п. Мы старались максимально использовать временные возможности для раннего освоения участка – сажали деревья и кустарники, когда не было возможности вести строительные работы. Создание газона и зеленых насаждений в оптимальное время и затем их поддержание имели приоритет даже перед строительными работами, т.к. это самая медленная стадия в создании усадьбы. Быстрое строительство выгодно, но на проблемных грунтах крайне рискованно. Фактически на устранение рисков, связанных с глинистым грунтом, ушел дополнительный сезон. Как бы быстро не осуществлялось строительство, все равно создание крыши приходится на осень с непредсказуемыми погодными условиями. Дом без крыши требует немалых затрат для консервации на зиму. Теплый дом-термос с крышей, но без закрытого периметра выхолаживается в зимний период, что также крайне нежелательно. Естественный отопитель дома происходит только к середине лета. Планирование должно минимизировать риски резкого выраженного сезонного строительства, хотя это и крайне сложно. График необходимо планировать на основе лимитирующей последовательности операций, но одновременно должен быть фронт резервных работ, которые можно выполнять, например, при непригодных погодных условиях, - дожде, сильном ветре, заморозках. Иначе возникает простой в условиях дефицита времени для наружных работ с высокой производительностью.

В нашем случае приходилось также чередовать виды работ, чтобы уменьшить усталость. Хотя все выше перечисленные моменты принимались во внимание, тем не менее, в реальном процессе не удалось полностью избежать негативного воздействия погодных условий.

Критерии выбора основных проектных решений, материалов, технологий и инженерных систем:

Выбор участка:

- цена, размер, стоимость сотки;
- расстояние до обслуживаемой дороги с твердым покрытием;
- вид из окна;
- наличие сетевой электроэнергии;
- южные склоны.

В результате был выбран домик в деревне в 7 км от Академгородка в 40 м к югу от асфальтовой дороги с участком более 15 соток по стоимости 100 тыс. руб за сотку, с юго-восточным уклоном и перспективным видом из окна на пруд и гору с горнолыжной трассой. Недостатки участка выявились при строительстве: множество мусора, скрытые брошенные погребки (один попал под угол фундамента гаража), влажный глинистый грунт, комары летом, холодное место (пониженная до 5 градусов температура в сравнении с Академгородком), въезд на участок постоянно заваливают снегом, активное стрельбище через дорогу. Главной проблемой оказался влажный глинистый грунт с очень низкой несущей способностью (местность недаром называется «Ключи»).

Проект:

- стандартный покупной,
- индивидуальный заказ архитекторам с сопровождением при строительстве,
- собственный.

После безуспешного многолетнего поиска подходящих проектов мы остановились на собственной разработке. Предлагаемые проекты, как правило, не адаптированы к сибирским условиям, сильно отстают от современных возможностей при завышенной стоимости услуг. Выбор полностью оправдал себя экономией средств и времени, т.к. в проект постоянно вносились изменения в режиме обратной связи из-за множества новых решений, в т. ч. и радикальных, например, в фундамент, крышу дома и пристройки.

Способ строительства:

- семейный,
- контракт с фирмой,
- заказы сезонным бригадам (серый бизнес).

Выбран семейный способ с привлечением на отдельные виды работ компаний (окна, двери, подвесные потолки), временных бригад (крыша, сайдинг, разбор старого дома), индивидуальных услуг (кран, перенос счетчика, доставка грузов). Автор строил в основном один с помощью членов семьи. Плюсы этого – оптимальное использование материалов, высокая производительность, качество скрытых работ, минимальная цена строительства. Привлечение исполнителей со стороны было вынужденным и сопровождалось многочисленными издержками. Главные из них – при рыночной договорной цене сроки не выдерживались, что порождало много проблем в последующем. Работу с исполнителями из серого бизнеса рекомендуется вести только при невозможности других вариантов, с подписанным заверенным в нотариальной конторе договором без предварительного аванса за работу. Минусы индивидуального (с привлечением членов семьи) строительства – затягивание сроков (плюс 1 сезон в конечном итоге), а также риски, связанные с травматизмом.

Коммуникации:

- дорога;
- электричество;
- чистая вода;
- отвод воды;
- отопление;
- интернет и связь.

Первой операцией на строительстве после очистки от мусора и посадок по границам участка было строительство мостика через канаву и дороги по участку до асфальтовой трассы. При планировке и снятии слоя почвы трактором обнаружились особенности грунта на участке. Из-за высокой влажности и высокого~45% содержания минералов глин грунт под нагрузкой превращался в вязкую жидкость – это т. н. тиксотропия - известное свойство коллоидных систем. В результате трактор чуть не утонул при планировке. Этот натурный эксперимент полностью изменил планы строительства дороги и фундамента. Дорога была сделана за неделю методом ручной планировки со стабилизацией грунта комбинацией реагентов с золой уноса. С поверхности на дорогу нанесли отсев и с обеих сторон создали дренажные канавы для отвода избыточной воды. Эксплуатация дороги, сделанной максимально дешево и в основном из отходов, показала отличные результаты – десятки груженых КАМАЗов с массой 20 т не испортили дороги, даже залитой водой в результате проливных дождей.

Электричество к участку было подведено, потребовался лишь перенос счетчика после слома дома, т. е. с первого дня строительства был доступ к электроэнергии, хотя и с перебоями (поэтому фронт резервных работ просто необходим).

Проблема водоснабжения сразу была разделена на две: чистая вода – продукт питания, поэтому рассчитывали на сервис по доставке воды в бутылках; техническая вода – из собственной скважины глубиной 21 м. Ее пробурили сразу после разметки участка с выходом трубы в подвал будущего дома. Вода из скважины оказалась периодически мутной и с большим содержанием железа. Изначально предполагалось совмещение водной системы с системой отопления путем размещения в подвале баков для хранения воды и серых стоков. Поэтому низкое качество технической воды из скважины не вызывало опасений ввиду несложной технологии ее пассивной очистки.

Для сокращения стоков воды, которая выходит в основном из ватерклозетов в обычных домах, запланирован очень простой сухой био-реактор. Твердые отходы с туалета и кухни накапливаются и перерабатываются в теплом подвале до 1 года с последующей 2-х летней доработкой до гумуса в силосной яме на участке. Объем серых стоков сокращается в 2 раза. Для них был сделан подземный резервуар на 10 кубометров в 4 м к северу от дома. Заложена возможность принудительного освобождения резервуара и пассивного через дренаж. К югу от дома такой же резервуар сделан для сбора дождевых вод с возможностью использования для летнего полива. Несмотря на теоретическую возможность подвода газа, мы изначально ориентировались на полуавтономный эко-дом с отоплением в основном на камине с березовыми дровами. Камин является неотъемлемой частью собственного дома, его центром и принципиальным качественным отличием от квартир. Дрова являются экологическим и эффективным видом топлива, фактически это лучший вариант использования солнечной энергии. Мы не имели начальных затрат на подключение к газовой трубе и очевидных рисков с пожарной опасностью, вдобавок, березовые дрова являются выгодным энергетическим ресурсом. Чтобы для отопления дома с площадью 200 м² хватало камина с максимальной теоретической мощностью ~20 кВт, было предпринято множество усилий с разумными затратами.

Архитектура дома

При разработке архитектуры дома в Сибири необходимо учитывать баланс между капитальными и эксплуатационными затратами. Главными параметрами эконо-дома, на наш взгляд, являются потребление энергии и воды. Минимизация потребления воды в первую очередь необходима не для снижения затрат (вода из скважины), а со сложностью водоотвода зимой. В конструкции дома реализована взаимосвязанная пассивная система для отопления, водоснабжения, канализации и вентиляции, включающей пакет решений:

- солнечная ориентация дома (открытое пространство с юга, посадки елей на севере),
- тепловое зонирование (пятистенка с жилой южной половиной дома);
- тепловые буфера (теплица с юга, крыльцо с севера, гараж и зимний сад с востока на всю высоту дома);
- плоская кровля;
- подвальное помещение в полдома для инженерных систем;
- подземные резервуары вне дома для хранения, очистки и отвода воды.

Солнечная ориентация выполнена для комфортной инсоляции и температуры в жилых помещениях – окна выходят строго на юг на открытое пространство. Зимой отражение солнечного излучения от снега компенсирует дефицит инсоляции и дополнительно согревает дом. Энергия солнечных лучей, поступающая через окна, превышает тепловые потери через проёмы. Воздух в пристроенной с юга в качестве буфера теплице нагревается выше 0 °С даже в 20 градусные морозы. Дом выполнен в виде классической пятистенки. Центральная стена с толщиной от 1 м внизу до 0.5 м вверху, является основной несущей опорой для перекрытий. Именно эта стена обеспечивает высокую тепловую инерцию всего дома при минимальных затратах - грунт при создании подвального помещения использовался для заполнения колодцев в кирпичной кладке. В стене выполнен также дымоход для камина и каналы для пассивной вентиляции. Для устранения мостика холода в цоколе и фундаменте реализован целый пакет решений, включающий: деревянные вставки в бетонную стяжку цоколя, на которых крепился деревянный каркас; утепление изнутри и снаружи пеноплексом; покрытие цоколя керамогранитом; утепление метровой отмостки; создание дополнительного рва вокруг дома, заполненного использованными автошинами со строительными и бытовыми отходами. Ров играет также защитную роль для фундамента – релаксирует механические нагрузки от пучения, не пропускает грунтовые воды на глубину до 1 м. Поверх рва выполнена канавка для отвода воды в дренажные колодцы и далее за пределы участка.

Фундамент

На пучинистых грунтах особую роль играет фундамент. В соседних капитальных домах, построенных традиционными технологиями типа ростверк, монолитная бетонная плита, проявились серьезные проблемы с фундаментами, в результате в домах либо разрушились стены, либо образовались трещины при прочих проблемах. Фундамент был сделан очень быстро и дешево на основе новой технологии, на которую получены патенты [4]. Бурением за 4 часа по всей линии фундамента выкопали ямы глубиной 2 м с шагом 1 м и диаметром 20 см, которые обработали стабилизирующими грунт добавками солей кальция, и залили расширяющимся раствором на основе буроугольной золы уноса. Для связи таких «имплантированных» свай использовали стеклопластиковую арматуру (всего 200 м), поверх которой отлили прямо в грунтовой опалубке бетонный ростверк толщиной 20 см. На таком фундаменте соорудили цоколь из кирпича высотой 0.7 м, заполненный грунтом из подвала. Фундамент выстоял, как в процессе строительства, когда все заморзло, а потом оттаяло, так и под полной нагрузкой, в т.ч. после замораживания и оттаивания. По расчетам, за 3 года диффузия коллоидного стабилизатора грунта должна создать со сваями монолитный ростверк из стабилизиро-

ванного грунта на глубину до 2.5. м с шириной до 1.5 м. Несущая способность исходного грунта при влажности 16% составляла 1, а после стабилизации 2.5 кГ/см². Защитный ров вокруг дома предохраняет фундамент в т. ч. от вымывания стабилизатора грунтовыми водами.

Стены

Принято считать, что чем теплее стены, тем лучше. На самом деле, окна для солнечного освещения помещений должны составлять десятую часть площади, а они даже в лучшем исполнении многократно уступают теплозащите стен. Поэтому была реализована простая и дешевая многослойная каркасная конструкция стеновых ограждений шириной 55 см с оценкой теплового сопротивления ~6. Стены выполняют сразу много функций: достаточная несущая способность внутренних стен, морозостойкая внешняя облицовка, тепловая защита, ветровая изоляция, низкая паропроницаемость, ИК-отражающий металлизированный утеплитель и внутренняя отделка. Каркас из основной доски 200x40мм был заполнен соломой и обит оргалитом. Наружные стены выложены из облицовочного пустотного кирпича, заполненного вспученным вермикулитом, внутренние – полнотелым кирпичом, проём между каркасом и кирпичными стенами заполнен вермикулитом, соломой и пеной в проемах. Перевязка между внутренними и внешними стенами была выполнена стеклопластиковой арматурой без мостиков холода. Каркасная конструкция дома планировалась заранее и не подвергалась сомнению. Практика реализации показала ряд минусов и неудобств, в первую очередь в организации и качестве работ. На начальном этапе строительства, когда кладка стен только началась, деревянный каркас дома высотой более 6 м подвергся сильной деформации из-за порывистого ветра. При кладке стен отклонения каркаса от вертикали сверх заложённых 3 см (до 10 см, выравнивание каркаса натяжкой анкерными болтами в кирпичных стенах уменьшила до 6 см) привели к снижению производительности труда при кладке, искажению плоскости стен (в основном внутренних) и углов. В итоге при монтаже кровли обнаружилась ее трапециевидная форма, что также сказалось на качестве и производительности. Недостаточно технологичной оказалась процедура заполнения каркаса с внутренней стороны дома. Уже после строительства были найдены технические решения намного проще и дешевле, которые сохраняют все преимущества каркасной конструкции. Решения готовятся к патентованию.

Перекрытия

В качестве перекрытий были использованы стальные трубы 100x50 на всю ширину дома с опорой на центральную стену. Такое решение имеет много плюсов: монтаж труб длиной 11 м с шагом 1 м под деревянный каркас и максимальным пролетом 5.3 м был сделан очень быстро и без привлечения техники. Нагрузка на внутренние кирпичные стены в полкирпича оказалась приемлемой, т.к. балка получается фактически закрепленной с одного конца; стоимость перекрытий оказалась намного дешевле обычных решений. В отличие от деревянных перекрытий пожар с разрушением всего дома практически невозможен. Минусы: трубы подверглись коррозии, а защита снаружи потребовала трудоёмкой очистки от ржавчины и нанесения дорогих покрытий. Прогиб труб наблюдается в доме, но возможно это остаток от деформации на стадии строительства, т.к. все строительные материалы массой более 100 т были размещены на черновой пол на балках. Прогиб перекрытий не замечен при создании подвесных потолков. Необходимо было осуществлять защиту труб от коррозии сразу после покупки. Коррозия внутри труб, к сожалению, не прекратится, что вызывает некоторую тревогу. Необходимо не допускать осадения влаги на трубы, особенно в подвале.

Кровля

Плоская кровля - самое рискованное решение в доме, которое имеет максимальное количество плюсов и минусов. Мы считаем, что риск был оправдан, хотя природ-

ные катаклизмы могут сильно навредить дому, а именно – сильный продолжительный ливень с ветром, в результате которого слив может не справиться из-за малого наклона и тогда вода попадет в стены. Плюсы плоской кровли:

- дополнительная площадь 100 кв. м на высоте 7 м для отдыха с прекрасным видом на природу вокруг и практическим отсутствием гнуса, теплое солнечное место для солярия, бассейна, декоративных и прочих растений. Отметим, что комары и мошкара управляют жизнью на природе большую часть теплого времени года;
- дешевле и быстрее в конечном итоге исполнение, несмотря на сделанные ошибки и перерасход материалов и времени;
- дополнительное утепление дома без затрат в холодное время года слоем снега ~ 1 м.

Минусы плоской кровли связаны с необходимостью ее обслуживания:

- уборка снега не менее 100 кубометров в марте месяце;
- пропитка деревянного пола из лиственницы.

Окна и система отопления

В доме смонтированы лучшие глухие окна с двухкамерным уширенным стеклопакетом с металлическим напылением, с 6-камерным пластиковым профилем, с сопротивлением теплопередаче около 1. Функция вентиляции с окон переложена на отдельную систему приточной вентиляции и двери. В доме для выполнения стандарта по освещенности сделано 17 глухих окон и две застекленные двери в буферные помещения зимнего сада и теплицы. Такое решение резко снизило затраты на окна и практически устранило нежелательную инфильтрацию холодного воздуха. 40% тепловых потерь дома в этом случае приходится на окна, т.е. повышение теплового сопротивления стен не имеет смысла. Наоборот, дополнительная защита окон рольставнями снаружи и, например, римскими шторами изнутри увеличивает сопротивление оконных проемов до 1.25, а это повышает температуру воздуха на 4 °С при тепловом напоре 50°С. Экономически дополнительные опции для окон более чем оправданны при выполнении пакета пассивных технических решений для снижения потерь тепла:

1) солнечная ориентация дома (+ отражение солнечной радиации от снежной поверхности, снижает тепловой напор на 2° и экономит 2000 руб. за сезон);

2) тепловое зонирование (перепад температур 6-8 градусов);

3) высокая тепловая инерция: а) внутренние стены внешнего ограждения (60 т кирпич); б) центральная несущая стена (20 т кирпич + 55 т грунт); в) деревянные конструкции (10 т) и другие материалы (15 т), всего = 160 т внутри дома-термоса; г) техническая вода и серые стоки в баках объемом до 20 м³ в подвале; д) тепловой аккумулятор для уменьшения суточных колебаний температуры на глауберовой соли с фазовым превращением $t \leftrightarrow ж$ (0.5 кубометра, эквивалентные ~5 кубометрам воды);

4) буферные сооружения (снижение тепловых потерь дома на четверть);

5) плоская многослойная крыша с хорошим утеплением, включая 20 см соломы, и дополнительной защитой слоем снега 1 м (в итоге тепловые потери через крышу становятся незначительными);

6) подогрев воды из скважины с $t = 7\text{ °C}$ в резервуарах серых стоков ($t \sim 25\text{ °C}$) до комнатной температуры перед подачей в краны;

7) большой объем воздуха в доме (700 м³), 100 т абсорбента (глины) и «слабо дышащие» стены вместе с дверьми в буферные помещения позволяют максимально снизить потери тепла на приточную вентиляцию, а в сильные морозы (например, при -30 °С ночью) вентиляция переходит в пассивный дневной режим (примерно -20 °С) с предварительным подогревом в грунте и баках серых стоков до примерно +10 °С.

Совокупность совместимых решений обеспечивает низкие потери тепла при высокой тепловой инерции дома, что дает принципиально важный бонус в виде отсутствия традиционной системы отопления с мощным котлом и разводкой тепла, батареями,

с помещением для хранения топлива, системой мониторинга и управления. Исчезают не только огромные затраты, но и головная боль по поддержанию системы. По результатам тестирования незавершенного дома в долгую холодную зиму 2016-17 гг. можно сделать вывод, что 1 кВт тепловой мощности хватает на поддержание теплового напора 4-5°C, а при завершении работ - 6°C. Это означает, что при среднем тепловом напоре за 5 холодных месяцев 30°C (-12 ÷ +18) постоянное потребление 2 кВт электроэнергии (из 5 максимальных), устраняет 12°C напора, остаток 18°C должен покрываться камином (16°C) и солнцем (2°C). При отоплении камином с водяной рубашкой (КПД ~70%) требуется 46 кг дров в сутки. Стоимость отопления будет составлять 3000 руб. в месяц за электроэнергию и до 4500 руб. за березовые колотые дрова, всего до 7500 руб. в месяц. Это достаточно много, но других затрат нет, а в среднем за год получается 5000 руб. в месяц, т.е. как в 3-х комнатной квартире с площадью в 3 раза меньше. При цене дров 1500 руб. за кубометр, кг сухой березы реально обходится в 3.2 руб. Сопоставимые цены на дрова и электричество не стимулируют экономию электроэнергии, а требуют снижения тепловых потерь и повышения надежности энергоснабжения. Пассивное тепловое зонирование в доме обеспечивает комфортные условия в жилой зоне 22°C при приемлемой температуре у входной двери 14°C. Обогрев всего дома до 22°C увеличивает затраты на 13%. Отметим, что тепловая инерция дома позволяет сохранять комфортную температуру именно в ноябре-декабре, когда недостаточна солнечная инсоляция. В марте пассивный обогрев от солнца через окна составляет уже заметные 4°C при тепловом напоре 26°C.



Вид на дом с юга.

Заключение

Реализован за 5 лет пилотный проект экологической усадьбы с капитальными затратами в 3 раза ниже рыночных за кв. м жилой площади, но с добавкой гаража и других помещений, и эксплуатационными затратами в 3 раза ниже, чем в квартирах многоэтажных домов. Проект показывает перспективы распространения идей и технологий эко-строительства. Нормальная реализация путем организованного строительства эко-поселений обеспечит быстрое строительство с улучшенным качеством работ и сниженной себестоимостью. Создание микроТЭС для распределенной мультигенерации ускорит концептуальный переход к массовому строительству эко-поселений с устойчивым типом развития, при этом могут решаться безнадежные проблемы с отходами мегаполисов.

Таблица 1. Утилизация с пользой отходов при строительстве усадьбы

Отход	Количество	Где	характеристика
Буроугольная зола уноса	10 т	Дорога - 4 т, фундамент - 4 т, добавка в раствор и бетон - 2 т	Стабилизация грунта, расширяющийся бетон, пластичный раствор
Солома	70 м ³	Стены, кровля	Утеплитель
Отсев	30 т	Дорога – 10 т, отмостка – 10 т, пол в гараже – 4 т, бетон – 6 т	Дешевый инертный заполнитель, заменитель мелкого щебня и песка
Автомобильные шины	100	Защитный ров – 85, Дренажные колодцы - 15	Упругий заполнитель
Пластиковые емкости (бутылки)	1000	Защитный ров - 1000	Упругий заполнитель-теплоизолятор
Бетонные блоки	10 м ³	Основание забора	Заполнитель для бетона
Обломки бетонных плит	3 м ³	мостик	Заменитель щебня и бетона
Кирпичный бой	5 м ³	Отмостка	Заменитель щебня
Стальные трубы	40 м	Основание для каменных террас	Заменитель бетонного фундамента
Асбестоцементные трубы	40 м	Ливневая канализация	Замена покупных труб
Поддоны	150 шт.	Забор, ворота, садовая мебель, дрова	Замена пиломатериала и дров

Литература

1. Зырянов В.В. Решение глобальных экологических проблем на основе локальных минитехнологий производства композиционных строительных материалов для экологического строительства // Химия в интересах устойчивого развития. 1995. В. 3 №3, с. 215-230.
2. Zyryanov V.V. Possibilities of Creating a Pure CoalFired Power Industry Based on Nanomaterials // Thermal Engineering. 2015. V. 62. No. 8. P. 577–585.
3. Зырянов В.В. Нанокompозиты различной структуры для экологически чистого производства электроэнергии из угля // Конструкции из композиционных материалов. 2012. № 3, с. 23-35.
4. Пат. РФ № 2592588. Состав для стабилизации глинистого грунта и Способ создания грунтовых дорог с его использованием / Зырянов В.В. Действует от 15 июня 2015, зарегистрирован 27.07.2016. Бюл. №21.