

Осадчий Геннадий Борисович

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ
УСТАНОВОК И СИСТЕМ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО СОЛЯНОГО ПРУДА
(Введение в проект «Альтернативная энергетика»)

Омск
2012

Часть II

Установки и системы малой энергетики на базе солнечного соляного пруда

Исходя из инсоляции и продолжительности летних дней в регионе, предлагаются установки и системы, использующие солнечную энергию, которые могут стать гарантом сезонной локальной экологической и энергетической безопасности. Они призваны обеспечить эффективную выработку летом энергии пяти видов: теплоты, потока жидкости, механической и электрической энергии и холода (рис. 12).

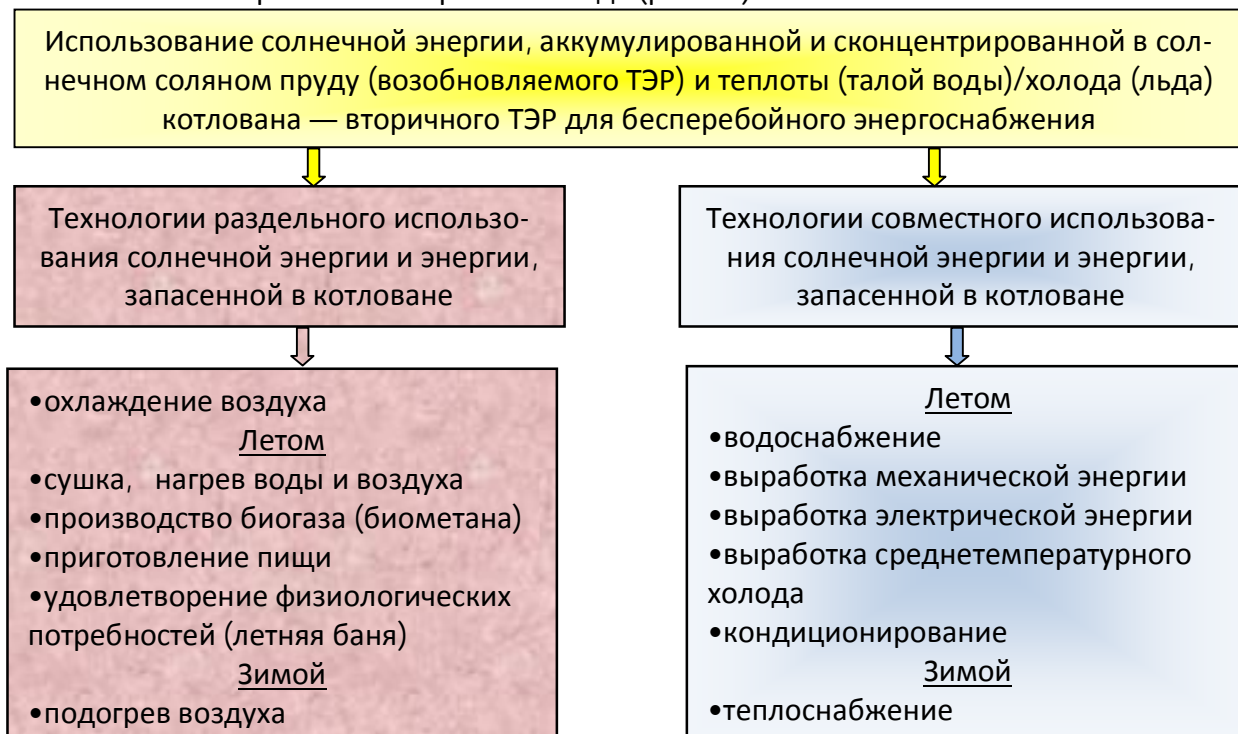
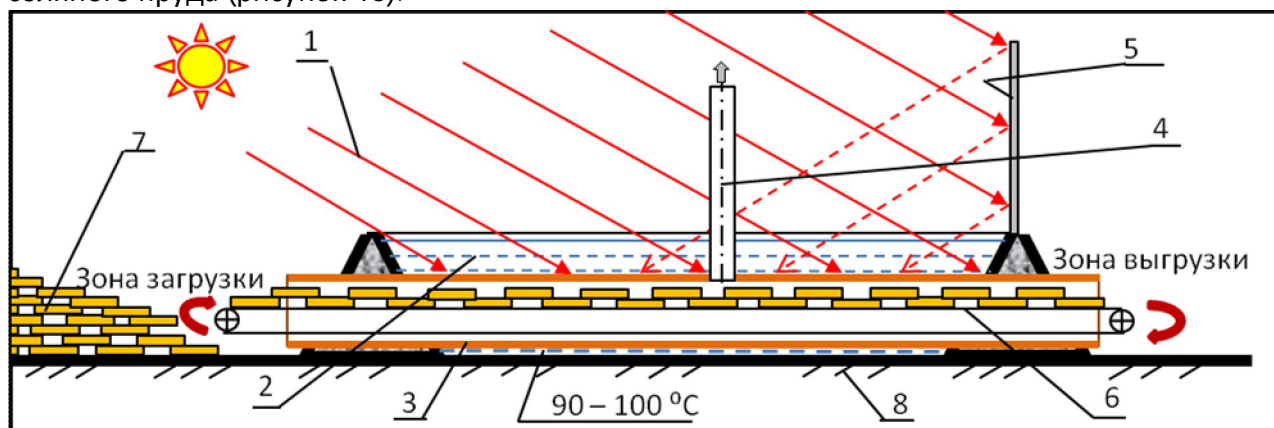


Рисунок 12 – Составные элементы солнечной энергетики на базе солнечного соляного пруда предлагаемой для Омской области

Кратко остановимся на некоторых из них:

ГЕЛИОСУШИЛКА — представляет собой установку, корпус которой нагревается теплотой придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рисунок 13).

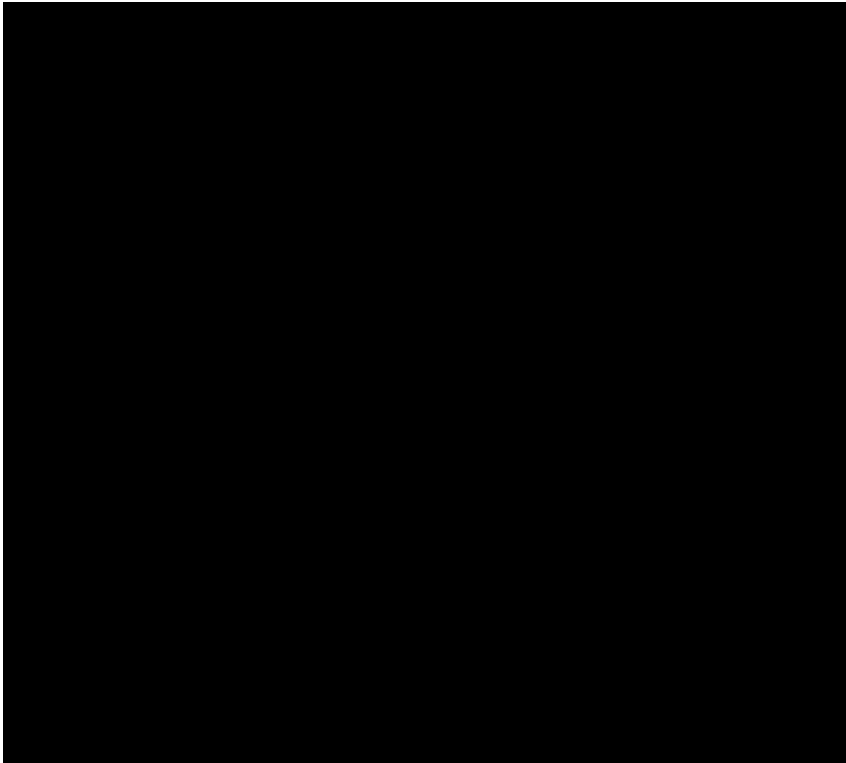


1 – солнечное излучение, 2 – солнечный соляной пруд, 3 – корпус теплового коллектора (8 – 10 шт.), 4 – вытяжная труба, 5 – концентратор солнечного излучения, 6 – транспортер (тележки), 7 – склад предварительно подсушенных брикетов торфа, 8 – грунт.

Рисунок 13 – Конструктивная схема солнечной установки для сушки (солнечной сушилки, гелиосушилки) местных видов топлив.

Гелиосушилка, по рисунку 13 может использоваться для термообработки: сельхозсырья: зерна, ягод, фруктов, овощей, грибов; сена; лекарственных трав; одежды во время и после стирки и химчистки; пиломатериалов; металлоизделий (искусственное старение); свежеекрашенного покрытия; машин, приборов и механизмов (температурные испытания); при пропитке катушек трансформаторов клеями и лаками; при дублении кож; окрашивании толстых тканей (при звукокапиллярных процессах); при нанесении гальванических покрытий; при очистке деталей от асфальтосмолистых отложений, нагара и накипи; при удалении старой краски и консервационной смазки.

Подробное описание гелиоустановки см. <http://www.proektant.by/content/2607.html>;



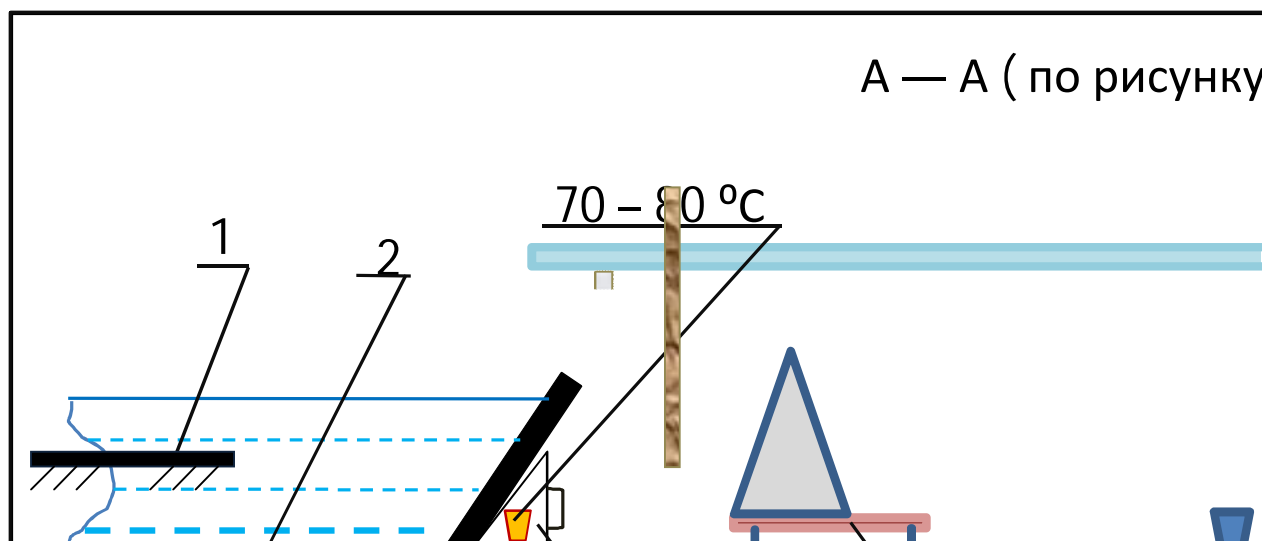
ГЕЛИОПЕЧЬ — представляет собой установку, корпус которой нагревается теплотой придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рис. 14).

1 – солнечное излучение; 2 – солнечный соляной пруд; 3 – корпус (обечайка) печи; 4 – отражающая поверхность здания; 5 – котел (ёмкость) для варки пищи

Рисунок 14 – Схема безопасной гелиопечи для варки пищи

Гелиопечь может быть частью теплового оборудования летнего кафе,

рисунок 15.

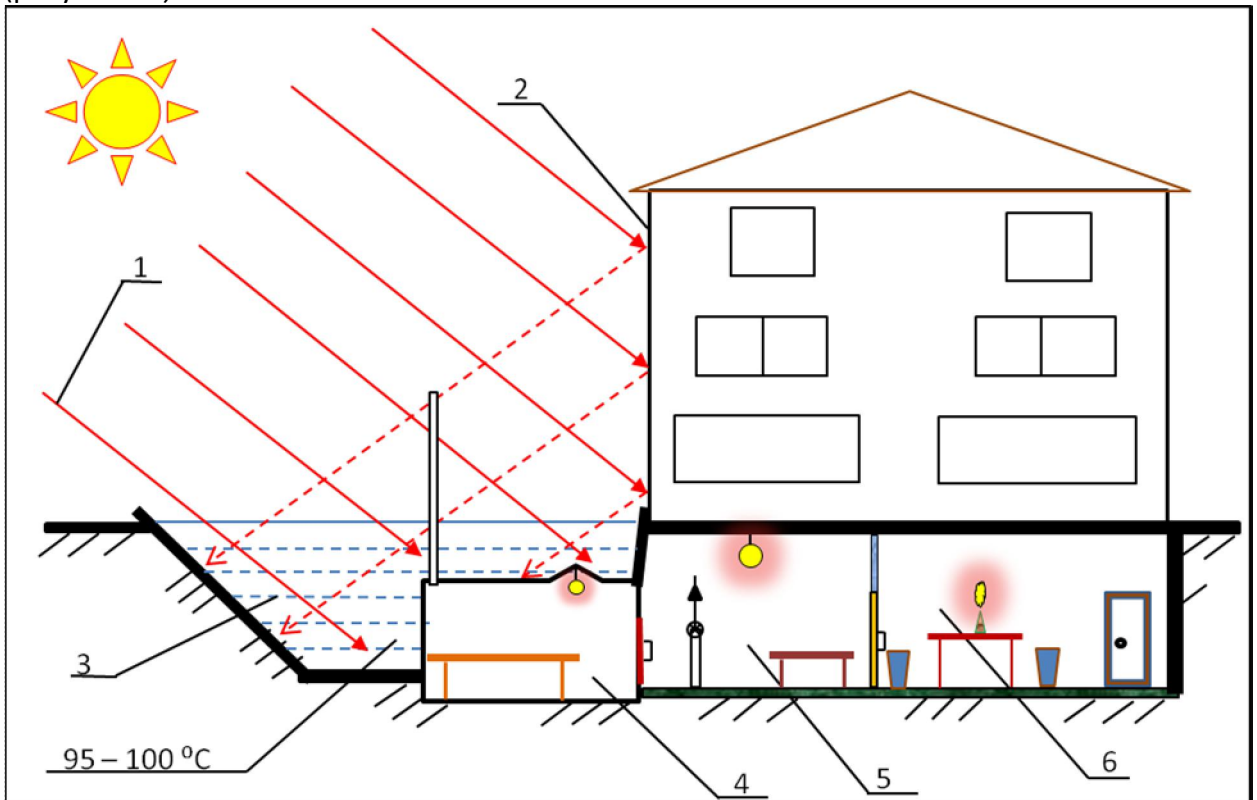


1 – солнечный соляной пруд, 2 – корпус (обечайка) печи, 3 – котел, 4 – мармит, 5 – стол раздачи, 6 – помещение приема пищи летнего кафе (летней столовой детского оздоровительного лагеря, ресторанчика с гелиобаней)

Рисунок 15 (разрез по А — А рисунка 14)– Схема летнего кафе

Подробное описание гелиопечи см. <http://www.proektant.ua/content/41.html>;

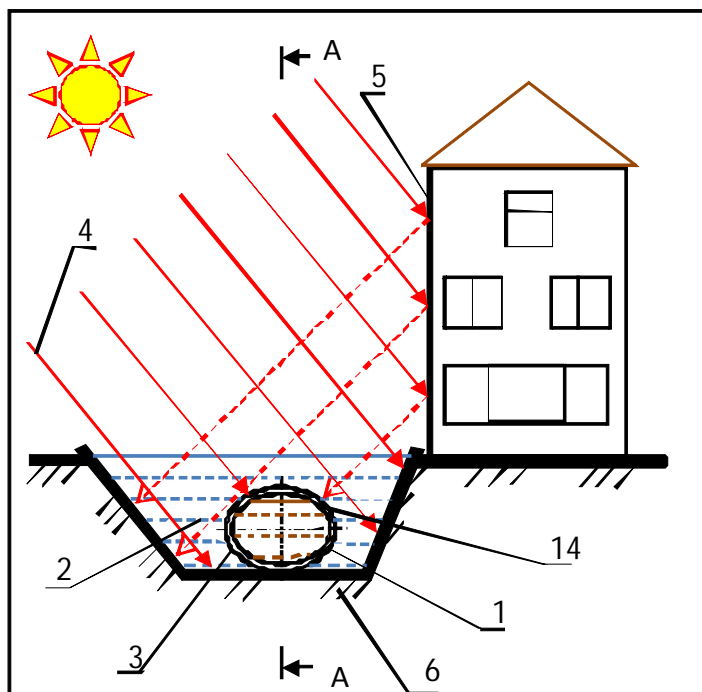
ГЕЛИОБАНЯ — сооружение, парная которого нагревается за счет теплоты придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рисунок 16)



1 – солнечное излучение, 2 – концентратор солнечного излучения, 3 – солнечный соляной пруд, 4 – парная, 5 – банное отделение, 6 – комната отдыха

Рисунок 16 – Схема гелиобани

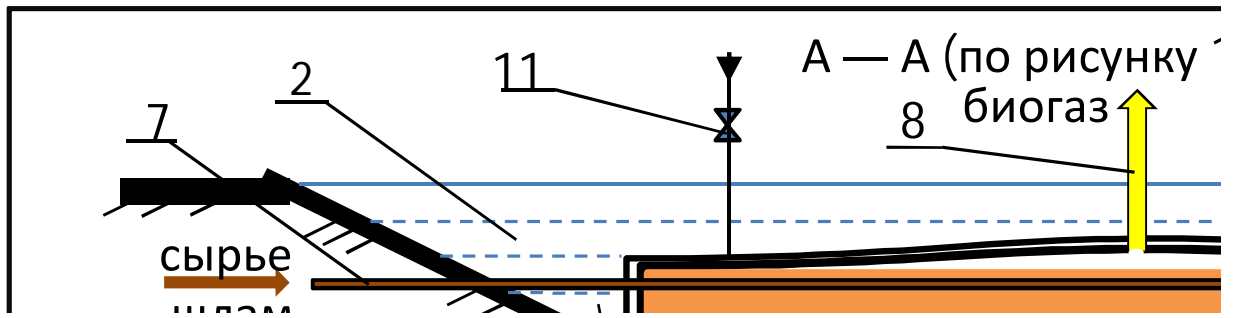
Подробное описание солнечной бани и её технико-экономические характеристики (2007 года) см. <http://proektant.ru/content/2495.html>;



ГЕЛИОБИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА — установка, корпус биореактора которой подогревается теплотой придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рисунки 17 и 18)

1 – метантенк-реактор, 2 – солнечный соляной пруд, 3 – корпус теплового коллектора, 4 – солнечное излучение, 5 – концентратор солнечного излучения, 6 – грунт, 14 – зазор между корпусом теплового коллектора 3 и метантенк-реактором 1.

Рисунок 17 – Схема гелиометантенк-реактора биогазовой

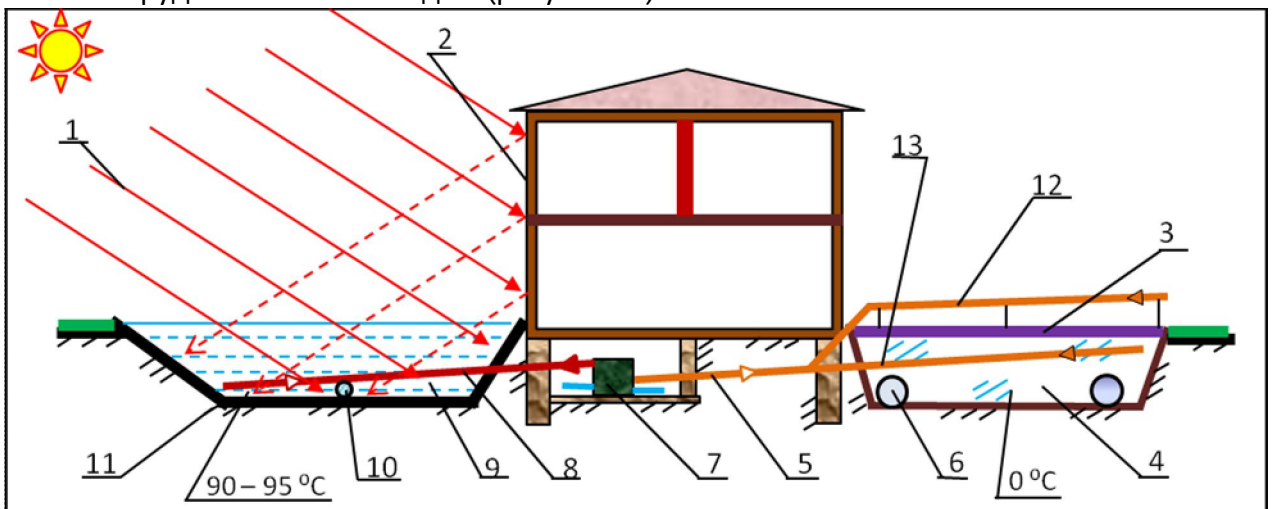


1 – метантенк-реактор, 2 – солнечный соляной пруд, 3 – корпус теплового коллектора, 7 – трубопровод подачи сырья в реактор, 8 – трубопровод отвода биогаза из реактора, 9 – трубопровод отвода шлама из реактора, 10, 11, 12 – вентиль запорный, 13 – заборник воздуха из атмосферы, 14 – зазор между корпусом теплового коллектора 3 и корпусом метантенк-реактора 1.

Рисунок 18 – Разрез по А — А рисунка 17

Подробное описание индивидуальной биогазовой установки см. <http://www.proektant.ua/content/42.html>;

ГЕЛИОВОДОМЕТ — водонасосная станция, водомёт (преобразователь тепловой энергии, двигатель Стирлинга) которой работает от разности температур между двумя искусственно созданными аккумуляторами теплоты и холода, которыми служат солнечный соляной пруд и котлован со льдом (рисунок 19).

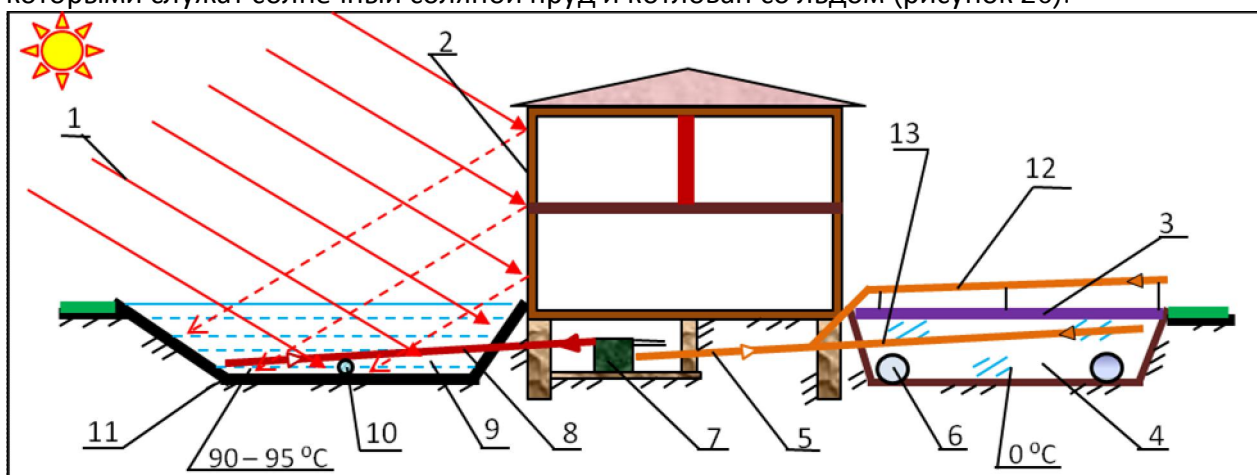


1 – солнечное излучение; 2 – концентратор солнечного излучения; 3 – покрытие теплоизоляционное; 4 – котлован, заполненный льдом; 5, 8 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 6 – воздухопровод; 7 – водомёт (двигатель Стирлинга с водяным насосом); 9 – солнечный соляной пруд; 10 – водопровод; 11 – грунт; 12 – охлаждаемая часть тепловой гравитационной трубы 5, размещенная на воздухе — ограждение котлована 4 по периметру; 13 – охлаждаемая часть тепловой трубы 5, расположенная во льду/воде котлована 4.

Рисунок 19 – Конструктивная схема гелиоводомёта

Подробное описание установки солнечного водоснабжения см. <http://proektant.ua/content/139.html>;

ГЕЛИОЭЛЕКТРОСТАЦИЯ — тепловой двигатель которой работает от разности температур между двумя искусственно созданными аккумуляторами теплоты и холода, которыми служат солнечный соляной пруд и котлован со льдом (рисунок 20).



1 – солнечное излучение; 2 – концентратор солнечного излучения; 3 – покрытие теплоизоляционное; 4 – котлован, заполненный льдом; 5, 8 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 6 – воздуховод; 7 – электростанция; 9 – солнечный соляной пруд; 10 – водопровод; 11 – грунт; 12 – охлаждаемая часть тепловой гравитационной трубы 5, размещенная на воздухе — ограждение котлована по периметру; 13 – охлаждаемая часть тепловой гравитационной трубы 5, размещенная во льду/воде котлована 4.

Рисунок 20 – Конструктивная схема гелиоэлектростанции

Подробное описание гелиоэлектростанции см. <http://proektant.kz/content/127.html>;

ГЕЛИОСИСТЕМА ХОЛОДОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ состоит из:

гелиохолодильника — установки для выработки среднетемпературного холода, хладомёт (компрессор) которого работает от разности температур между двумя искусственно созданными аккумуляторами теплоты и холода, которыми служат солнечный соляной пруд и котлован со льдом;

теплогенератора системы отопления, горячего водоснабжения и сушки, теплообменник которого воспринимает теплоту придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты — солнечного соляного пруда;

хладогенератора системы летнего кондиционирования, теплообменник которого воспринимает холод аккумулятора холода — котлована со льдом;

теплого насоса — установки для выработки тепла, хладомёт (компрессор) которого работает от энергии сгорания органического топлива, а поступление теплоты обеспечивается за счет изъятия ее из талой воды, искусственно созданного аккумулятора — котлована, который летом аккумулирует солнечную энергию, неиспользованную в термодинамических циклах водомёта (двигателя Стирлинга), хладомёта;

подогревателя системы зимнего поддержания микроклимата в помещениях, теплообменник которого воспринимает для подогрева наружного зимнего воздуха с температурой ниже минус 5 – 10 °C теплоту талой воды искусственно созданного аккумулятора — котлована, который летом аккумулирует солнечную энергию, неиспользованную в термодинамических циклах водомёта (двигателя Стирлинга), хладомёта.

Поскольку вопросы холодотеплоснабжения являются самыми востребованными для наших сибирских условий рассмотрим гелиосистему холодотеплоснабжения более подробно.

Для суровых климатических условий Омской области одним из источников теплоснабжения часто рассматривается использование геотермального тепла.

Экономическая эффективность применения геотермального тепла зависит от многих факторов, основными из которых являются стоимость (из-за технологических и геологических трудностей стоимость бурения возрастает экспоненциально с увеличением глубины бурения) скважин, начальная, пластовая температура воды (сухой породы), дебит скважины и полезно используемый теплоперепад в энергоустановке. *Между температурой, выведенной на поверхность воды (флюида) и её дебитом существует прямая зависимость. Чем выше дебит, тем меньше потери тепла и тем меньше температура воды на устье отличается от её температуры в пластовых условиях.*

Известно, что геотемпературное поле каждого участка земной коры индивидуально, в частности в Западносибирском бассейне, в том числе и в Омской области.

Одной из основных причин, влияющих на геотермический режим недр, является динамика (движение) подземных вод в Северный Ледовитый океан. Чем как не этим движением можно объяснить более низкую температуру подземных вод, в частности, в южной части Омского региона на глубинах до 2500 – 3000 м, примыкающих к главным областям питания бассейна (Казахский мелкосопочник, Алтай, Саяны). В рыхлых отложениях региона, мощностью до 3 – 4 км, заключен ряд водоносных комплексов, медленное движение вод в которых направлено с юго-востока и юга, от главных областей питания, на север и северо-запад — к областям стока [Маврицкий Б.Ф. Геотермическая зональность Западно-Сибирского артезианского бассейна. Изв. АН СССР, серия геол. 1960. № 3, С. 72 – 83].

Одной из важнейших особенностей геотемпературного поля Западносибирского бассейна является его существенная нестационарность, возникшая в результате изменений климата, ледникового периода. В ледниковый период при формировании криолитозоны геотермический режим был существенно преобразован до глубины 3 – 3,5 км. Расчеты [Курчиков А.Р., Ставицкий Б.П. Геотермия нефтегазоносности областей Западной Сибири. М.: Недр, 1987. 134 с] показывают, что при изменении температуры нейтрального слоя на 5 – 20 °С (ледниковый период — наше время), время установления стационарного режима равно 0,4, 0,8, 1,2 и 2,1 млн лет для отложений мощностью соответственно 1, 2, 3 и 5 км.

Современные геотермальные градиенты в зоне Западной Сибири (56 ° северной широты) до глубин 2 – 2,5 км характеризуются меньшими по сравнению с нормальными величинами. Особенно сильное отклонение отмечается на глубинах до 1 км (40 – 60 % нормального градиента). Это является следствием длительного существования здесь толщи мерзлых пород её последующего, сравнительно быстрого протаивания. Породы осадочного чехла, охлажденные за несколько тысячелетий существования криолитозоны до 25 – 30 °С по всему разрезу, одновременно с деградацией мощной толщи многолетне-мерзлых пород вступили в фазу интенсивного прогревания. Медленное прогревание указанной толщи может быть объяснено наличием двух теплоизолирующих глинистых толщ. Нижняя глинистая толща в Омско-Тарском Прииртышье имеет мощность 170 – 350 м и располагается на глубине 1900 – 2300 м, а верхняя имеет мощность 500 – 800 м и залегает на глубине 170 – 300 м.

Как видим из приведенного, **использование приповерхностного геотермального тепла на территории России**, имеет свои ограничения. А для использования глубинного тепла на юге Сибири требуется, как правило, бурение глубиной более 4 км, **что не под силу предприятиям, строящим объекты малой энергетики.**

А неэффективность традиционного централизованного теплоснабжения в малых поселениях, подтверждается математической моделью управления аварийными запасами материально-технических ресурсов на их объектах в случае аварийного ремонта.

Рассмотрим модель оптимизации времени выполнения аварийных строительно-монтажных работ по источнику [Кузнецов П.А. Организационная надежность управления ресурсным обеспечением при переустройстве аварийных объектов // Жилищное строительство. 2006. № 1. С. 5 – 6], в том числе, когда снабжающая организация (склад) находится далеко.

Момент отказа T — случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_t(x) = 1 - \exp(-ax).$$

Потребность в трубах для аварийных строительных работ $W_{(M)}$, также случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_w(x) = 1 - \exp(-bx).$$

В момент времени $T = 0$ завезено определенное количество труб $Q_{(M)}$. При этом стоимость доставки труб на место складирования при удельной стоимости c_o будет равна:

$$C_D = c_o Q.$$

Если этого запаса Q хватает для восстановления работоспособности трубопровода ($W \leq Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем t_1 . Если этого запаса не хватает ($W > Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем $t_2 > t_1$. Ущерб от недопоставки транспортируемого по трубопроводу продукта (тепла) потребителям (в единицу времени) определим величиной c_1 . Таким образом, можно определить средние затраты на материально-техническое обеспечение строительства для устранения аварийной ситуации по отношению:

$$C = c_o Q + F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2, \quad (a)$$

где $F_w(Q) = 1 - \exp(-bQ)$. Это для случая, когда отдаленность затрат во времени не учитывается и интервал времени T никак не влияет на затраты.

Если отдаленность затрат учитывается, то средние затраты будут равны:

$$C_t = c_o Q + [a/(a + g)] \{F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2\},$$

где g — коэффициент, учитывающий отдаленность затрат.

Преобразуем соотношение (a) к виду:

$$C = c_o Q + c_1 t_1 + c_1 (t_2 - t_1) \exp(-bQ).$$

Дифференцируем и приравниваем нулю производную:

$$c_o - c_1 (t_2 - t_1) b \exp(-bQ) = 0.$$

Отсюда получаем:

$$\beta = \exp(-bQ) = c_o / [c_1 (t_2 - t_1) b]. \quad (б)$$

Если выполняется условие $\beta < 1$, то минимум средних затрат существует. Кроме того, величина $\exp(-bQ)$ представляет собой вероятность дефицита. В некоторых случаях можно ввести ограничение: вероятность дефицита меньше некоторой заранее заданной величины p .

Таким образом, если выполняется неравенство $\beta < p$, то ограничение автоматически учитывается. Отсюда следует, что величина $\beta = c_o / [c_1 (t_2 - t_1) b]$ должна быть достаточно малой. Тогда существует минимум.

Если $\beta \geq 1$, а это происходит при очень большой стоимости c_o , то минимум не существует, *т.е. не существует оптимального решения задачи материально-технического обеспечения ресурсами малых поселений в аварийных ситуациях на теплотрассах.*

Рядом ученых-практиков Германии проблемы теплоснабжения децентрализованных поселений предлагается решать с помощью возведения зданий с нулевым потреблением энергии (энергопассивные дома).

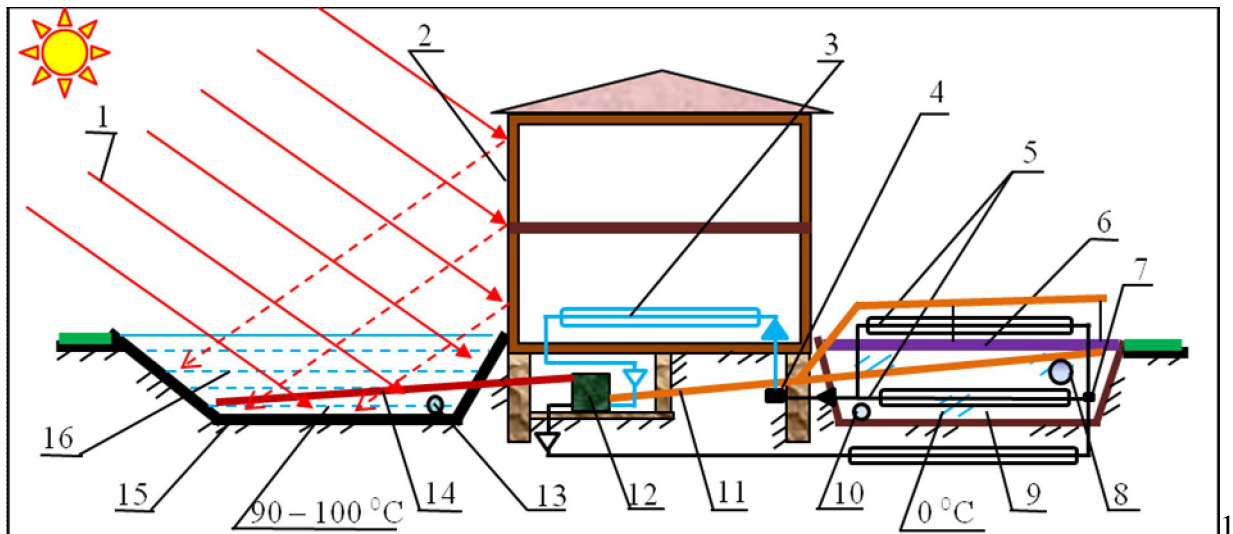
Термин «Энергопассивный дом» относится к строительным стандартам. Эти стандарты могут быть выполнены с использованием различных технологий, конструкций и

материалов. Энергопассивные дома имеют близкое к нулю потребление внешнего тепла, т.к. для обеспечения комфортной температуры в течение отопительного сезона достаточно поступления солнечной радиации через окна, а также теплового излучения от бытовых приборов и людей (Однако поступление тепла от приборов связано с использованием электроэнергии, а при её производстве по конденсатному циклу (когда для энергопассивных домов тепловая энергия не нужна) будет происходить рассеивание тепла (до 60 % от полученного при сжигании топлива) через градирни. В связи с этим остается открытым вопрос — куда относить эти потери тепла? Логично «сброс» тепла, осуществляемый в градирнях, относить на баланс таких энергопассивных домов).

При значительной инсоляции зимой, автономная система электро- и теплоснабжения таких частных домов состоит, как правило, из фотоэлектрических преобразователей и солнечных нагревателей, расположенных на крыше, но они могут быть применены не везде.

У каждого региона, а тем более страны есть свои приоритеты в сфере энергетики — отвечающие нуждам промышленности и укладу жизни.

Предлагаемая система холодотеплоснабжения (рисунки 21, 22), как никакая другая учитывает климатические условия средней полосы России и юга. Принципиально не отличаясь от ранее описанных систем [Осадчий Г.Б. Нетрадиционные варианты хладотеплоснабжения зданий // Технология машиностроения. 2004. № 1. С. 50 – 54 и Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ). Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с], она конкретизирована в деталях и содержит основные данные по выполненному экономическому расчету, с учетом экологического фактора.



1 – солнечное излучение; 2 – концентратор солнечного излучения; 3 – испаритель холодильника; 4 – дроссель; 5 – конденсатор холодильника; 6 – теплоизоляционное покрытие; 7 – регулятор потока пара хладагента; 8 – воздуховод; 9 – котлован со льдом; 10 – маслопровод; 11, 14 – тепловые гравитационные трубы (термосифоны); 12 – хладомёт (двигатель Стирлинга с компрессором); 13 – водопровод; 15 – грунт; 16 – солнечный соляной пруд

Рисунок 21 – Схема системы среднетемпературного холодоснабжения (гелиохолодильника)

Принцип работы системы солнечного холодоснабжения (гелиохолодильника), обеспечивающей поддержание летом соответствующей температуры в холодильной камере отдельно стоящего здания, состоит в следующем. Теплота солнечного излучения 1 (рисунок 21), аккумулируемая солнечным прудом 16, по тепловой трубе (термосифону) 14 подается к хладомёту 12 (двигателю Стирлинга с компрессором), где в термодинамических циклах преобразуется в поток хладагента. Неиспользованная в термодинамических

циклах хладомёта теплота по тепловой трубе 11 отводится в котлован 9, заполненный льдом, вызывая его таяние, или рассеивается в окружающее пространство. Концентратор 2 обеспечивают увеличение поступления солнечной энергии в пруд. А теплоизоляционное покрытие 6 предотвращает таяние льда котлована 9 от наружного воздуха.

Система предназначена для охлаждения замкнутых объемов посредством циркуляции хладагента по рабочему контуру холодильника: конденсатор 5 – дроссель 4 – испаритель 3. В испарителе 3 происходит парообразование низкокипящего рабочего тела – хладагента. Образующийся пар хладагента сжимается в хладомёте (компрессоре) с повышением температуры (зависит от степени сжатия) и затем поступает в конденсатор, где конденсируется, отдавая теплоту фазового перехода хладагента в котлован со льдом или в окружающее пространство (воздух). Образующийся при этом жидкий хладагент подается в дроссель 4; за ним давление понижается, и хладагент поступает в испаритель 3. Цикл повторяется.

Теплота, забираемая из помещений будет или аккумулироваться котлованом 9 посредством части конденсатора 5, расположенной в котловане 9 и под ним, что обеспечивает наиболее полное аккумулирование низкопотенциальной теплоты для использования её в будущем (зимой), или часть теплоты может рассеиваться в окружающую среду через его (конденсатора 5) верхнюю наружную часть, расположенную на открытом воздухе. Выбор режима работы определяется положением заслонок в регуляторе потока 7, в зависимости от температуры окружающего воздуха (день — ночь, весна — осень) и состояния котлована — температуры в нем. А также от объема котлована, количества теплоты, которую, он может принять. Преобладающее, естественное направление потока пара хладагента при открытом регуляторе потока 7 в конденсаторе 5 определяется тем, какая из его частей; расположенная в котловане или на открытом воздухе имеет более низкую температуру. Температурой частей конденсатора определяется скорость конденсации в них пара хладагента, а значит и понижение в них давления. Часть конденсатора 5, расположенная над котлованом летом будет иметь наименьшую температуру с 23 до 5 ч, когда разность дневных и ночных температур для средней полосы России составляет 11 – 16 °С (на Северном Кавказе, Нижнем Поволжье и юге Дальнего Востока она ещё больше). Такое разветвление конденсатора очень **актуально**, т.к. как показывают исследования, у нас нарастает изменчивость погоды — изменчивость температуры и всех сопутствующих элементов. Изменчивость суточная, годовая — какая угодно.

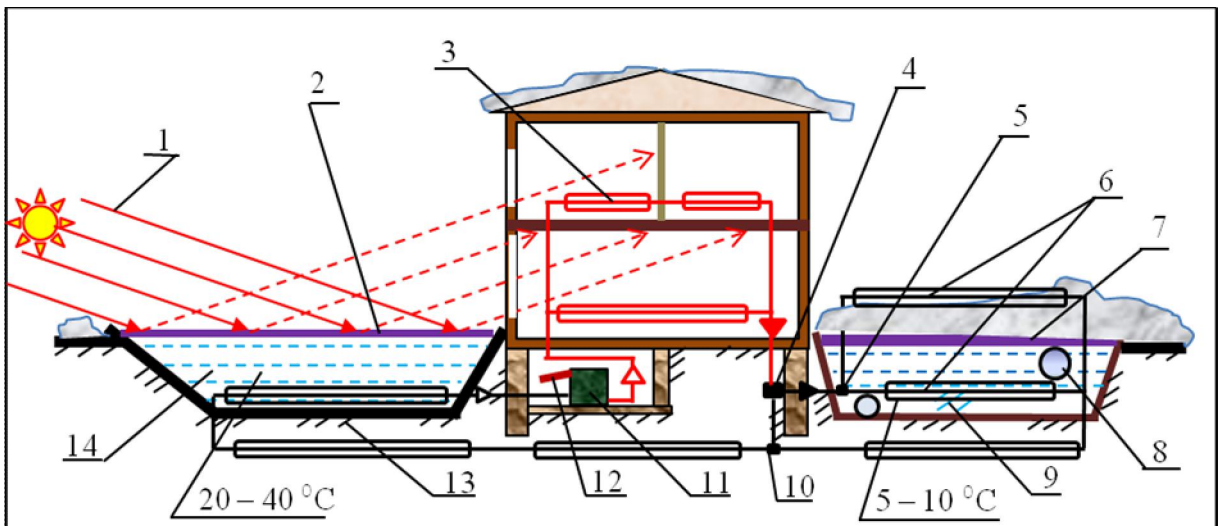
Вода (воздух), проходящая по водопроводу (воздуховоду) 13, нагревается до 50 – 90 °С (в зависимости от скорости движения) удовлетворяя потребности в горячей воде (воздухе) в течение всего лета, до глубокой осени. Кондиционирование помещений можно осуществлять охлажденным до 5 – 8 °С воздухом, поступающим в помещения через воздуховод 8, расположенный во льду котлована. Охлаждение помещений можно осуществлять также за счет циркуляции масла; маслопровод 10 — охлаждаемое помещение.

К осени температура талой воды в котловане поднимается до 10 °С.

Актуальность разработки системы холодоснабжения связана и с существующим прогнозом изменений климата России до 2015 г. В среднем за 10 лет наши климатологи ожидают повышение температуры на 0,6 °С, и уменьшение количества осадков. В связи с этим появятся проблемы с водностью рек. Это скажется на работе ГЭС. В летнее время учащаются опасные для здоровья крупные волны тепла. А это в свою очередь повлияет на работу учреждений социальной сферы и медицины.

Как видим при производстве холода и теплоты данная система имеет минимальное количество технологических переделов.

Система среднетемпературного холодоснабжения на зиму может быть преобразована в систему теплоснабжения согласно рисунку 22.



1 – солнечное излучение; 2, 7 – теплоизоляционное покрытие; 3 – конденсатор теплового насоса; 4 – дроссель; 5, 10 – регулятор потока хладагента; 6 – испаритель теплового насоса; 8 – воздуховод; 9 – котлован с талой водой; 11 – хладомёт (двигатель Стирлинга с компрессором); 12 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 13 – грунт; 14 – солнечный соляной пруд

Рисунок 22 – Схема системы теплоснабжения (теплоприводного теплового насоса — ТН_{ТП})

Принцип работы системы теплоснабжения, обеспечивающей зимой поддержание соответствующей температуры в помещениях отдельно стоящего здания, происходит следующим образом. Хладомёт 11 (двигатель Стирлинга с компрессором) обеспечивает обогрев помещений посредством циркуляции хладагента по рабочему контуру ТН_{ТП}: конденсатор 3 – дроссель 4 – испаритель 6. Хладомёт 11 работает от энергии сгорания биометана, обогревающего укороченную тепловую трубу 12 (конструкция топков-форсунок условно не показана), или другого источника. В качестве органического топлива для обогрева тепловой трубы 12 может быть использован **торф**, высушенный летом с использованием солнечной энергии.

В испарителе 6 за счет тепловой энергии воды 9 происходит парообразование хладагента, пар далее подогревается от теплоты грунтов, расположенных под котлованом, зданием и под прудом (13) и рассола пруда 14. Подогретый пар сжимается в компрессоре с повышением температуры, затем горячий пар хладагента поступает в конденсатор 3, где он, вначале частично охлаждается, затем конденсируясь, отдает теплоту фазового перехода на обогрев помещений. Конденсат хладагента поступает в дроссель 4, где его давление понижается, а затем – в испаритель 6. Цикл повторяется.

Перед дросселем 4 конденсат хладагента может переохлаждаться за счет поступающего в здание холодного воздуха или воды.

После дросселя 4 теплота на испарение хладагента в испарителе 6 может забираться как из котлована, так и из окружающего воздуха, соответственно через части испарителя 6, расположенные в котловане или над котлованом 9. Это зависит от положения заслонок регулятора потока 5 хладагента. При движении испаряющегося жидкого хладагента по части испарителя, расположенной в котловане обеспечивается быстрое охлаждение воды котлована и образование в нем льда — аккумулялирование холода для использования летом. При движении испаряющегося хладагента по части испарителя, расположенной над котлованом (осенью, в оттепели, теплым зимним днем или когда колебания температуры напоминают «пилу») экономится низкопотенциальная теплота котлована для морозного периода. Выбор режима работы определяется положением заслонок в регуляторе потока 5 в зависимости от температуры окружающего воздуха (день — ночь, осень — весна) и состояния котлована — температуры в нем. А также от объема воды в

котловане, количества теплоты, которую она может отдать. Преобладающее, естественное направление потока жидкого хладагента при открытом регуляторе потока 5 в конденсаторе 6 определяется тем, какая из его частей; расположенная в котловане или на открытом воздухе имеет более высокую температуру. Температурой этих частей испарителя определяется скорость испарения в них хладагента, а значит и повышение давления. Осенью прохладная вода в котловане может быть подогрета, если воздух из здания удалять через воздуховод 8 или заменена на теплую воду, с температурой до 20 – 25 °С. Подогрев воды в котловане можно осуществить за счет её циркуляции через плоский солнечный коллектор в период «бабьего лета».

Конденсатор 3, его наружные поверхности будут иметь температуру не более 60 – 65 °С, что само по себе хорошо с экологической точки зрения, поскольку в жилых помещениях необходимо ограничивать температуру поверхности отопительных приборов. Это требование обусловлено явлением разложения и сухой возгонки органической пыли, сопровождающимся выделением вредных веществ, в частности окиси углерода. Разложение пыли начинается при температуре 65 – 70 °С и интенсивно протекает на поверхности, имеющей температуру более 80 °С.

Когда на улице тепло тогда потребность в отоплении уменьшается; так что пониженная теплопередача (теплоотдача) уличный воздух — наружный испаритель будет обеспечивать меньший (для исключения перетопа) забор теплоты из атмосферы. Так зима 2006-2007 гг. на юге Сибири была экстремально теплая. Она пришла на 2 – 3 декады позже обычных сроков. Средняя температура декабря была минус 6 °С, а средняя температура января минус 9 °С (вместо среднегодовой минус 19 – 20 °С). Практически зимы как таковой на юге Сибири не было. **Жили в условиях предзимья.** За всю зиму было всего два холодных периода: третьи декады ноября и февраля. Все остальные периоды были экстремально теплыми. В конце января наступила оттепель. Температура поднялась до + 6 и + 12 °С. А вот зима 2005-2006 гг. была необычно морозная.

В процессе работы ТН_{тп} (системы) температура воды в котловане понижается, образуется лед (котлован «готовится» к приему теплоты летом), может замерзнуть и грунт под котлованом. Заметно снижается температура грунта 13 и рассола пруда 14, обеспечивая обогрев помещений аккумулированной солнечной энергией и сбросным теплом системы работавшей летом в режиме солнечной холодильной установки.

В рассматриваемом случае, на испарителе 6, расположенном в котловане 9 и под котлованом образования ледяных наростов не является непреодолимым препятствием для эксплуатации системы. Когда вся вода в котловане 9 замерзнет, и дальнейшая эксплуатация ТН_{тп} с этим участком станет малоэффективной из-за понижения температуры в испарителе, то за счет управления заслонкой регулятора потока 10 можно обеспечить движение хладагента, по контуру испарения, минуя котлован 9. Этот режим работы ТН_{тп} может быть эффективен весной, когда пруд освободился ото льда, и идет аккумуляция солнечной энергии придонным слоем пруда, и когда дальнейшее охлаждение котлована не целесообразно. Однако этот режим можно применять и зимой для восстановления (выравнивания по массиву) температуры котлована. Кроме того, если в системе применить электроприводной компрессор, то этот режим, с присущим ему более высоким коэффициентом трансформации, можно использовать для теплоснабжения ночью, когда более холодно, когда потребность в тепле больше, а стоимость электроэнергии низкая. Днем же, когда стоимость электроэнергии высокая, но требуется меньше тепла на отопление можно применять ТН_{тп} с использованием теплоты котлована, при более низком коэффициенте трансформации. Или наоборот. Режимы работы зависят от конкретных значений приведенных параметров.

При продолжительных морозных зимах, а также для объектов с малым объемом

котлована пополнять его теплотой зимой можно за счет отвода «отработавшего» воздуха из здания по воздуховоду 8. И при этом «подогревать» поступающий в помещения свежий морозный воздух можно в параллельно расположенном в котловане воздуховоде, соединенном с системой вентиляции.

Для повышения теплоизоляции котлована и одновременного аккумулирования холода, для летнего периода, снег, убираемый с прилегающих территорий можно складировать над котлованом. Также ранней весной снег с акватории пруда можно использовать для увеличения запасов холода котлована, накрыв его (снег) демонтированным теплоизоляционным покрытием пруда.

Такая выработка энергий— это, по существу **комбинированный способ производства холода и теплоты**. Только холод, аккумулированный в виде льда в котловане зимой, расходуется летом (рисунок 23), а теплота, аккумулированная водой котлована летом, расходуется зимой посредством ТН_{ТП}.

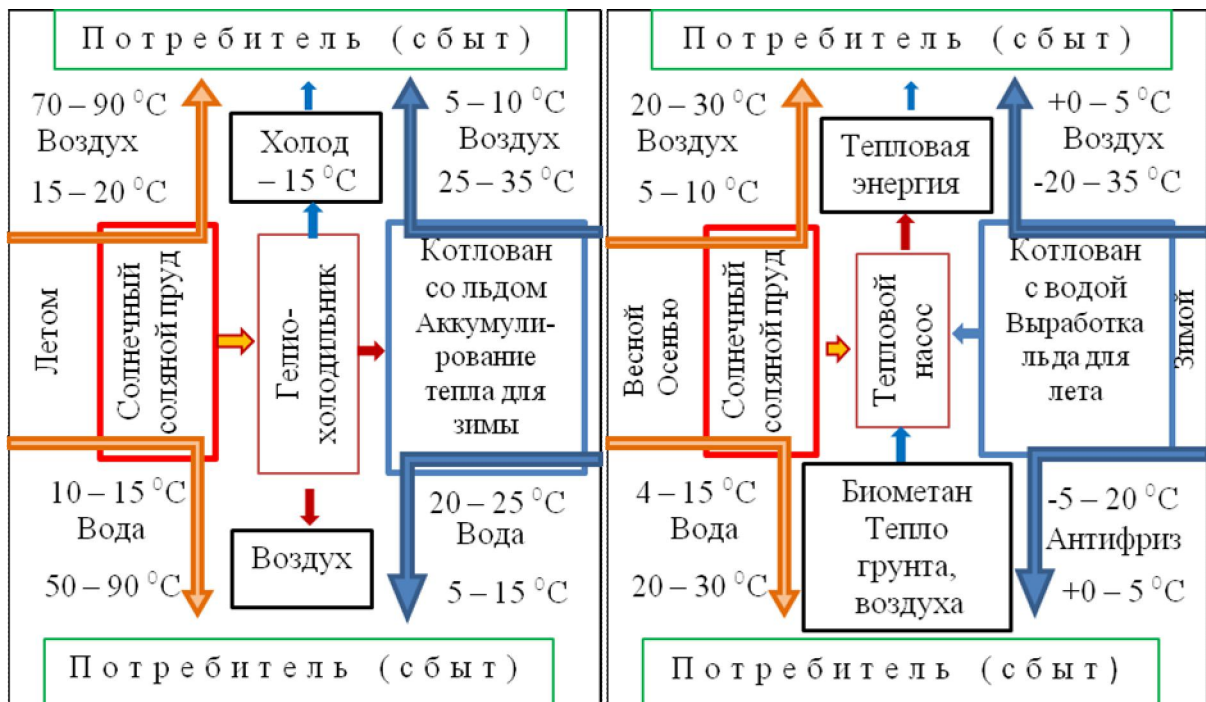


Рисунок 23 – Схемы всех генерируемых системой холодоснабжения (летом) и системой теплоснабжения (зимой) видов энергий

На рисунке 23 приведены все дифференцированные виды энергии, которые можно получать летом за счет солнечного соляного пруда, котлована со льдом и окружающего воздуха системой холодоснабжения и те, которые можно получать зимой системой теплоснабжения. Как видно из рисунка 23 разнообразие генерируемых видов энергии системой холодотеплоснабжения обеспечивается в основном за счет энергий всего двух основных сооружений — пруда и котлована и биометана (торфа). Это позволяет при эксплуатации системы вырабатывать **напрямую** тот вид энергии, который нужен в конкретное время в конкретном месте без переналадки оборудования.

Результаты проведенного расчета эколого-экономической эффективности, использования энергий солнечного соляного пруда, льда (воды) котлована, воздуха и биометана (части вырабатываемых энергий представленных на рисунке 23) системами: холодоснабжения; теплоснабжения; горячего водоснабжения представлены ниже.

Расчет систем проведен для широты Омской области (55 ° северной широты) для зоны недоступности теплоснабжения от городской ТЭЦ. Площадь солнечного соляного

пруда (зоны аккумуляирования солнечного излучения горячим рассолом), принята равной $78,5\text{ м}^2$ (Радиус пруда 5 м. Размеры пруда приняты из-за **ограничения** по конструктивным соображениям — площади концентратора (рисунок 10) и связано с периодически возникающими ветровыми нагрузками). Общий, расчетный, объем котлована для приема всей теплоты, неиспользованной в термодинамических циклах — 332 м^3 .

Материалы, относящиеся к результатам расчета эколого-экономической эффективности системы холодотеплоснабжения, представлены ниже в виде таблиц 11, 12, 13 и рисунка 24.

Таблица 11 – Объемы солнечной энергии, аккумулируемые летом солнечным прудом (площадь $78,5\text{ м}^2$)

Параметр	Месяц						Всего
	½IV	V	VI	VII	VIII	IX	
От прямого солнечного излучения, $Q_{пр}^{акк}$, МДж	7639	19429	21600	19429	14508	8428	91033
От отраженного солнечного излучения, $Q_{отр}^{акк}$, МДж*	7157	13752	13867	13752	13594	11599	73721
От рассеянного солнечного излучения, $Q_{рас}^{акк}$, МДж	6408	16067	16265	16859	13910	9637	79146
Аккумуляированная рассолом пруда теплота, $Q_{\Sigma}^{акк}$, МДж	21204	49248	51732	50040	42012	29664	243900
Температура рассола, °С**	80	85	90	95	90	85	—
КПД пруда летом, $\eta_{акк}^{пр-л}^{***}$	0,75	0,80	0,82	0,80	0,80	0,72	—
Всего теплоты, для летнего периода, $Q_{\Sigma}^{лет}$, МДж	15903	39398	42420	40032	33610	21358	192721

*концентратор расширяет границы месячной «продуктивности» солнечного излучения

**изменение аналогично изменению по месяцам температуре воздуха в Омске

***без учета выделения теплоты при кристаллизации воды вечером и ночью [О в ч и н и к о в Б. М. и др. Схемы получения электроэнергии в тепловых машинах на основе возобновляемых источников тепла в природных водоёмах и атмосфере. Институт ядерных исследований РАН. Москва, 2003. Препринт ИЯИ — 1096/2003, март 2003].

Таблица 12 – Показатели эксплуатации гелиохолодильника и системы горячего водоснабжения летом и теплоприводного теплового насоса зимой

№ п.п	Наименование	Размер	Количество
Гелиохолодильник			
1	Холодопроизводительность	кВт	3,83 – 8,26
2	Продолжительность работы по п. 1	час.	4032
3	Сезонная выработка холода по п. 2	МДж	97058
4	Стоимость выработанного холода	руб.	242645
5	Сметная стоимость сооружений и оборудования, отнесенных к установке	руб.	837450*
6	Сезонные эксплуатационные расходы и издержки производства	руб.	40764
7	Постоянная численность обслуживающего персонала	чел.	—
8	Срок эксплуатации (число лет жизни проекта)	лет	10

Система горячего водоснабжения			
1	Расчетная теплопроизводительность	кВт	2,4 – 5,3
2	Продолжительность работы по п. 1	час.	4032
3	Сезонная выработка теплоты по п. 2	МДж	62353
4	Стоимость выработанной теплоты	руб.	77317
5	Сметная стоимость оборудования, отнесенная к системе горячего водоснабжения	руб.	22260*
6	Сезонные эксплуатационные расходы и издержки производства	руб.	13094
7	Постоянная численность обслуживающего персонала	чел.	—
8	Срок эксплуатации (число лет жизни проекта)	лет	10
Тепловой насос и рекуперированная теплота сгоревшего биометана			
1	Установленная мощность системы	кВт	11
2	Продолжительность работы системы по п. 1	час.	4320
3	Сезонная выработка теплоты по п. 2	МДж	264820
4	Стоимость выработанной теплоты	руб.	164188
5	Сметная стоимость оборудования, отнесенная к системе	руб.	529223*
6	Сезонные эксплуатационные расходы и издержки производства	руб.	26482
7	Сезонные затраты на топливо (при цене биометана 10 руб./м ³)	руб.	52810
8	Постоянная численность обслуживающего персонала	чел.	—
9	Срок эксплуатации (число лет жизни проекта)	лет	10

* с учетом стоимости монтажных и пуско-наладочных работ равных 20 % от стоимости оборудования (системы).

Исходя из значений таблиц 11 и 12, задавшись, **при растущем рынке энергопотребления**, ставкой дисконтирования 18 % определение дисконтированных чистых денежных поступлений или чистой приведенной величины дохода (**NPV**), характеризующей общий, абсолютный результат инвестиционного проекта, проведено с учетом эколого-экономических преимуществ энергетики ВИЭ по предлагаемой автором формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{k_{ЭН} \times (k_3 \times B_t - C_t)}{(1+r)^t}, \text{ руб.}$$

где B_t – выгода (доход) от проекта в году t , руб.; $k_3 = 1,15$ – коэффициент (**минимальное его значение, равное 1/2 части от среднего**) учитывающий эколого-экономической выгоды использования оборудования энергетики ВИЭ (*Российские и зарубежные оценки прямых социальных-экономических затрат, связанных, с вредным воздействием электростанций, вырабатывающих электроэнергию за счет сжигания органического топлива: включая болезни и снижение продолжительности жизни людей; оплату медицинского обслуживания, потери производства, снижения урожая, восстановления лесов и ремонт зданий в результате загрязнения воздуха, воды и почвы дают величину, добавляющую около 75 % мировых цен на топливо и энергию. По источнику [К о п ы л о в А. Е. Экономические аспекты выбора системы поддержки использования возобновляемых источников энергии в России // Энергетик. 2008. № 1 С. 7 – 10] эти затраты для угольных ТЭС выше*); $k_{ЭН} = 1,06$ – коэффициент, учитывающий опережающий рост цен на произведенную энергию, а также сезонные эксплуатационные расходы и издержки, при производстве этой энергии; C_t – затраты на проект в году t , руб.; r – ставка дисконта; n – число лет жизни проекта.

Примечания: 1) величина коэффициента k_3 возрастает до значений (1,5 – 1,75) при возведении системы в пригородных, курортных, заповедных зонах и т.д.

2) значение коэффициента $k_{ЭН}$ снижается по мере снижения, темпа роста стоимости генерируемых видов энергии в России.

3) ставка дисконта r снижается по мере становления (развития) энергетики ВИЭ.

Результаты расчетов экономической эффективности системы холодотеплоснабжения сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Сводная таблица чистой приведенной величины дохода, тыс. руб.

Год t	B_t	Затраты			Рост стоимости энергии и издержек, $k_{ЭН}$	Чистые доходы $k_{ЭН}(k_3 B_t -$	Фактор дисконтирования $(1+r)^{-t}$	NPV_t	
		Кап-вложения	расходы, издержки	Всего C_t					
1	0	1389	0	1389	–	–1389	0,847	–1176	
2	лето	320	0	54	133	1,060	449	0,718	322
	зима	164		79					
3	лето	320	0	54	133	1,124	476	0,609	290
	зима	164		79					
4	лето	320	0	54	133	1,191	505	0,516	260
	зима	164		79					
5	лето	320	0	54	133	1,262	535	0,437	234
	зима	164		79					
6	лето	320	0	54	133	1,338	567	0,370	210
	зима	164		79					
7	лето	320	0	54	133	1,419	601	0,314	189
	зима	164		79					
8	лето	320	0	54	133	1,504	637	0,266	169
	зима	164		79					
9	лето	320	0	54	133	1,594	675	0,225	152
	зима	164		79					
10	лето	320	0	54	133	1,689	715	0,191	137
	зима	164		79					
Всего								787	
Ликвидная стоимость выполненных работ и материалов:									
выемки грунта под пруд и котлован								46	
соли (смеси хлоридов магния и натрия)								15	
Итого: чистая приведенная величина дохода, тыс. руб.								848	

Детально рассмотренная система солнечного холодотеплоснабжения наглядно показывает, что в России солнечные прудовые установки и системы, основанные на использовании особенностей климатических условий, имеют шанс стать составной частью малой энергетики для децентрализованных потребителей энергии. Конечно с учетом того, что по экологическим показателям, в сравнении с другими энергоисточниками они предпочтительнее, поскольку фактически не имеют никаких выбросов.

Представленные технологии призваны:

- способствовать в любое время года, в любую погоду, для города, села, предприятия: сохранности зданий и сооружений, технологического оборудования, животных и птицы, выращенного урожая, сырья и готовых изделий (продуктов), а также проведение посевной и уборочной;
- удовлетворять физиологические потребности человека в микроклимате жилища и в санитарно-медицинском минимуме;
- способствовать поддержанию транспортного сообщения на удаленных территориях за счет выработки для транспортных средств топлива (биометана).

На основании сводной табл. 13 построен финансовый профиль проекта, (рис. 24)

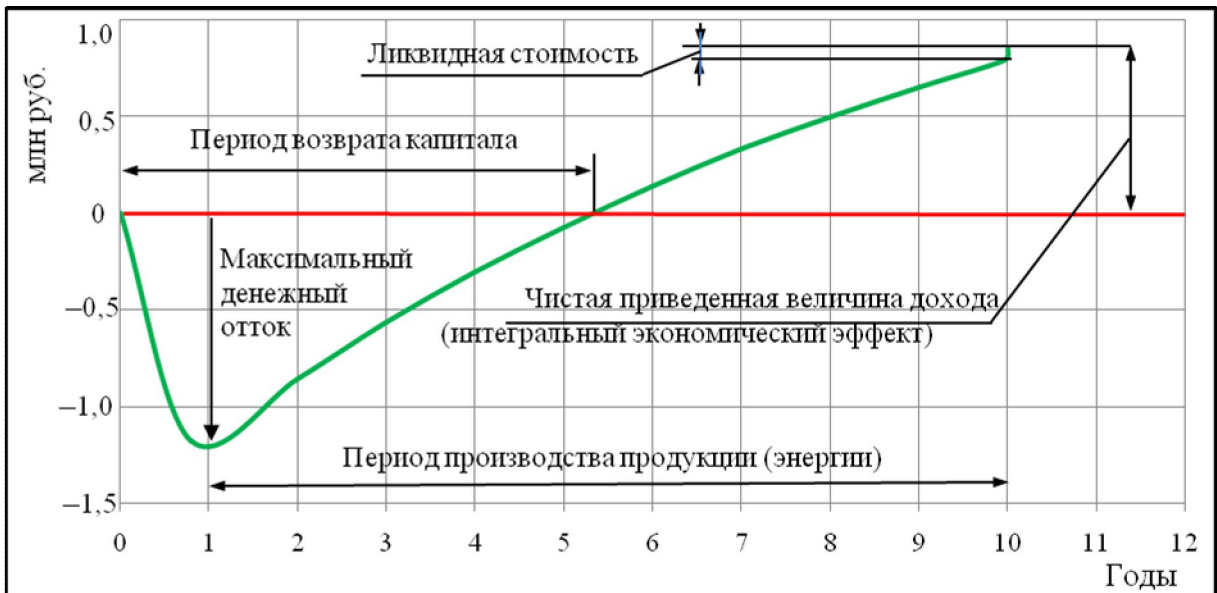


Рисунок 24 – Финансовый профиль системы холодотеплоснабжения со ставкой дисконтирования 18 %

Без учета эколого-экономической выгоды использования системы холодотеплоснабжения (коэффициента k_3) период возврата капитала составляет 6,5 лет.

А без учета коэффициентов $k_{эн}$ и k_3 период возврата капитала, за счет круглогодичного использования основных сооружений и оборудования системы, составляет 9 лет.

Из всей потребляемой, например, в быту энергии львиная доля — 79 % идет на отопление помещений, 15 % энергии расходуется на тепловые процессы (нагрев воды, приготовление пищи и т.д.), 5 % энергии потребляет электрическая бытовая техника и 1 % расходуется на освещение радио и телевизионную технику. **Исходя из этого, летом солнечную энергию целесообразно использовать для производства теплоизоляционных строительных материалов, которыми утеплять здания, способствуя снижению расхода энергии на отопление зимой.**

Заключение

Изложенное показывает, что установки и системы на базе солнечных соляных прудов, являясь многофункциональными источниками энергоснабжения способны в подавляющем своем большинстве решать частные задачи по энергообеспечению отдельных категорий населения и производств **только в летний период.**

Летом установки и системы солнечной энергетики будут способствовать эффективному энергосбережению, обеспечивая экономию органического топлива. Кроме этого с их помощью можно решать задачи по созданию запасов торфа и биометана для зимнего периода, с минимальным расходом топлива и электроэнергии на технологические нужды при добыче и производстве этих местных видов топлива.

В зимний период непосредственное участие установок и систем в обеспечении потребителей энергией может выражаться в использовании аккумулированной солнечным соляным прудом, в период «бабьего» лета, солнечной энергии, и низкопотенциального тепла воды в котловане, собранного летом.

Малая энергетика на базе солнечных соляных прудов вместе с другими устройствами и системами солнечной энергетики (плоские солнечные коллектора, солнечные электрические станции, фотоэлектрические преобразователи и т.д.) и ветроустановками может и должна обеспечить энергией летнюю производственную деятельность малых поселений практически на любой территории средней полосы России.

В зимний период в удовлетворении возрастающего сезонного спроса на тепло и повышающегося требования к бесперебойному электроснабжению, конечно же, первое место из ВИЭ должно перейти к развивающейся ветроэнергетике.

Осадчий Геннадий Борисович тел. дом. (3812) 60-50-84,
мобильный 8(962)0434819

E-mail: Genboosad@mail.ru

Омск 2013 г.