

## 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).

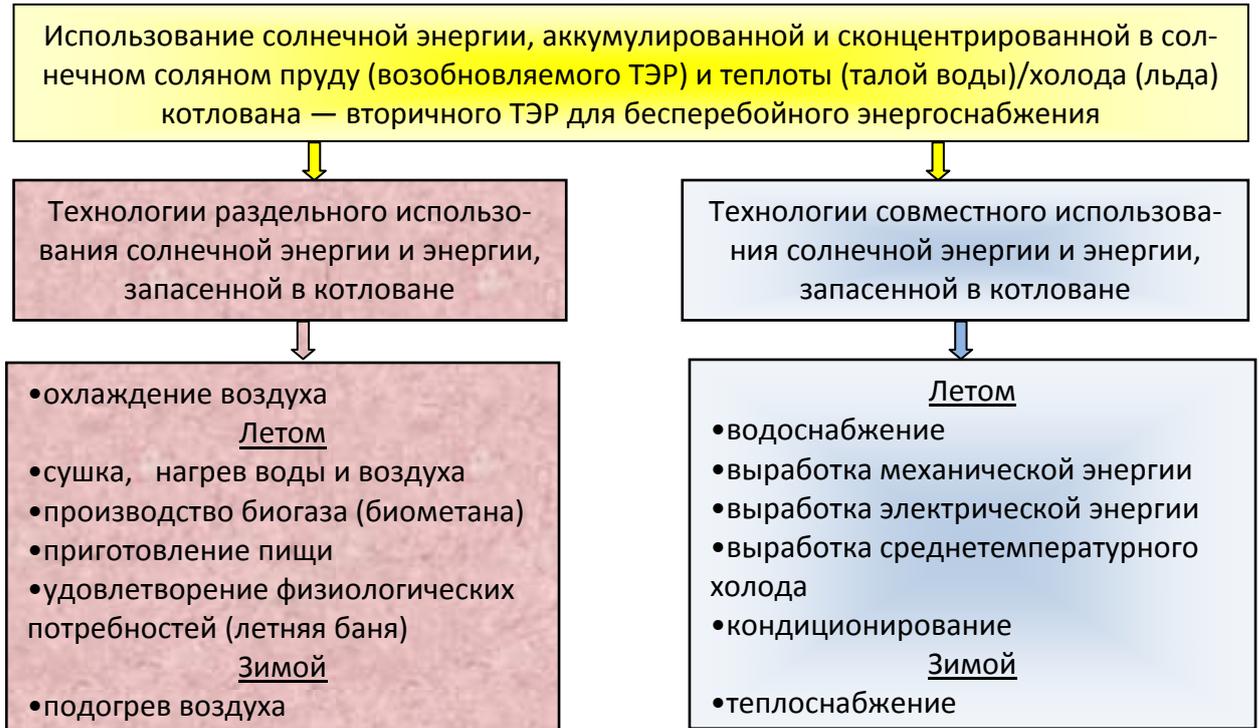
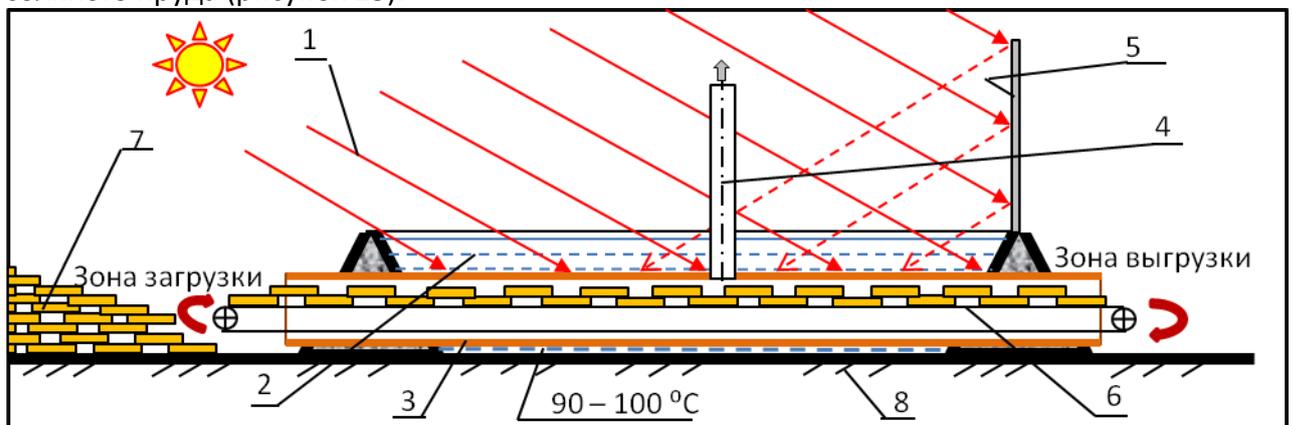


Рисунок 12 – Составные элементы солнечной энергетики на базе солнечного соляного пруда предлагаемой для Омской области

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).

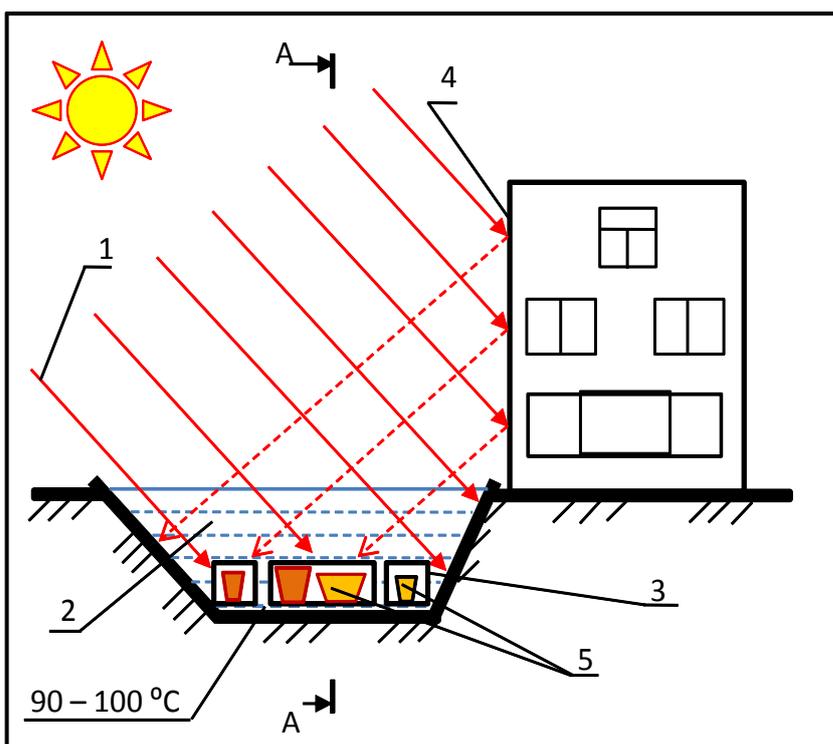


1 – солнечное излучение, 2 – солнечный соляной пруд, 3 – корпус теплового коллектора (8 – 10 шт.), 4 – вытяжная труба, 5 – концентратор солнечного излучения, 6 – транспортер (тележки), 7 – склад предварительно подсушенных брикетов торфа, 8 – грунт.

Рисунок 13 – Конструктивная схема солнечной установки для сушки (солнечной сушилки, гелиосушки) 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); свежеекрасочного 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>;



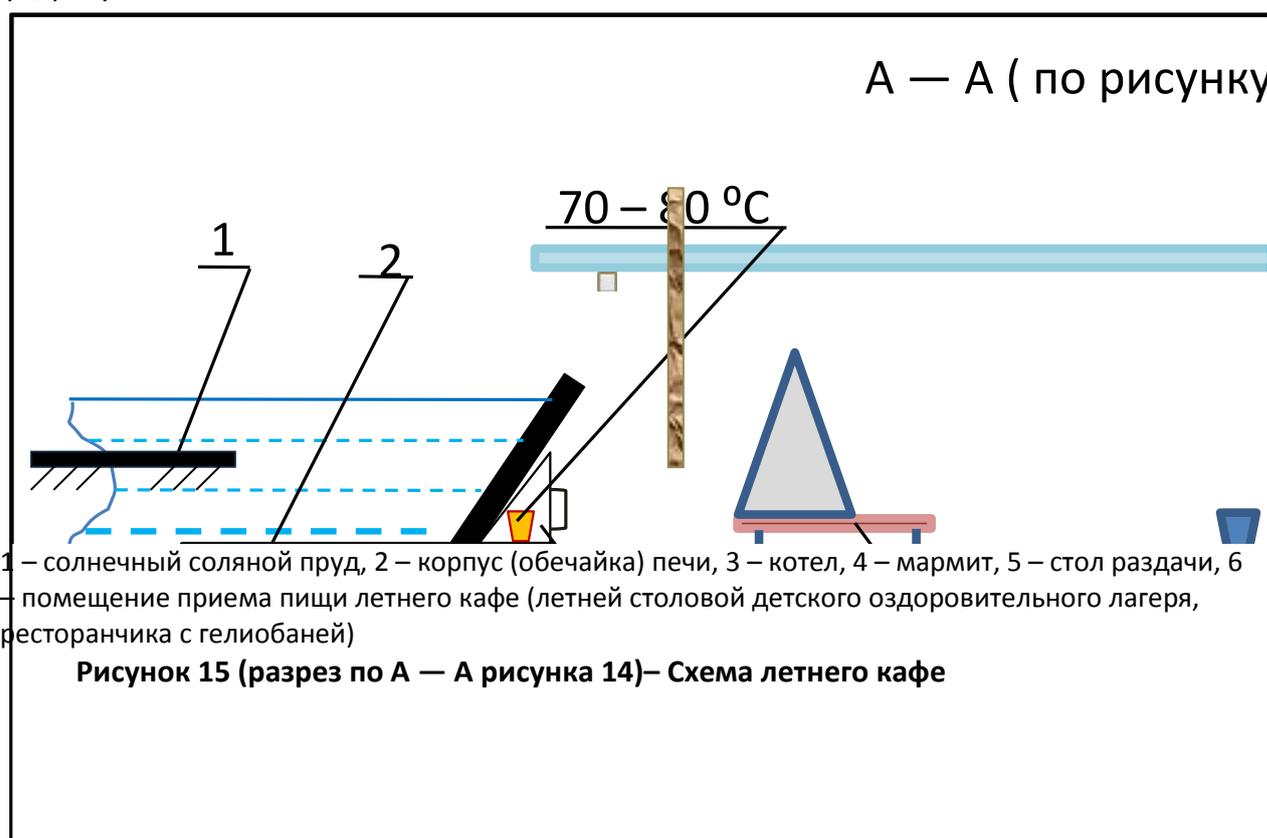
**ГЕЛИОПЕЧЬ** — представляет собой установку, корпус которой нагревается теплотой придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рис. 14).

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.

фе, рисунок 15.



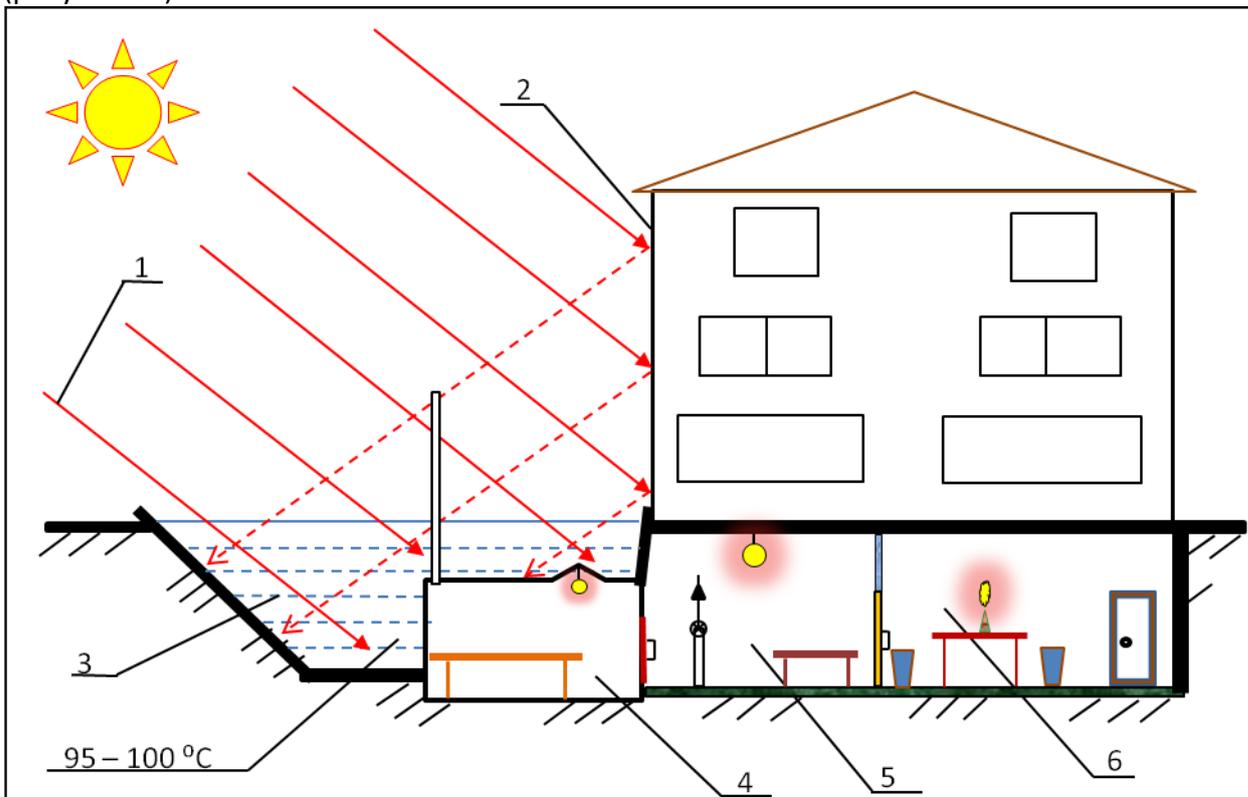
A — A ( по рисунку

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>;

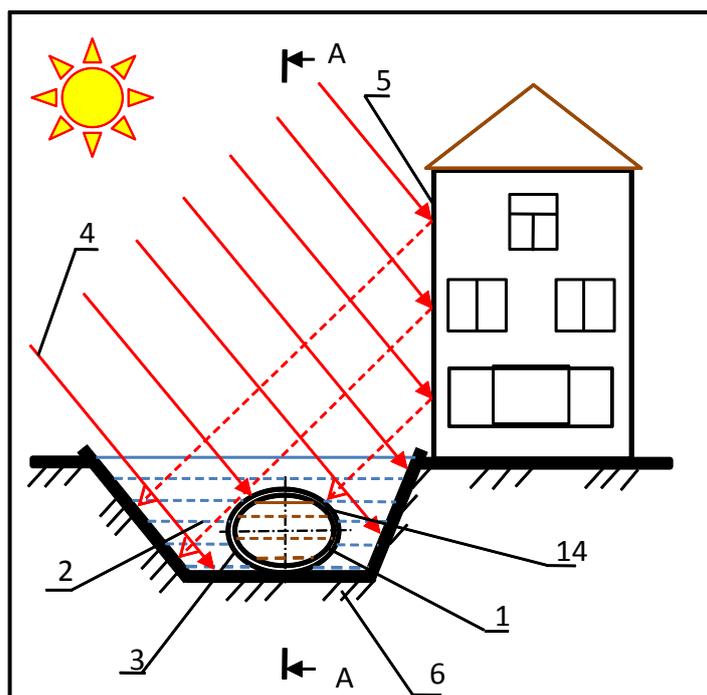
**ГЕЛИОБАНЯ** — сооружение, парная которого нагревается за счет теплоты придонного слоя искусственно созданного аккумулятора теплоты, солнечного соляного пруда (рисунок 16)



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

**Рисунок 16 – Схема гелиобани**

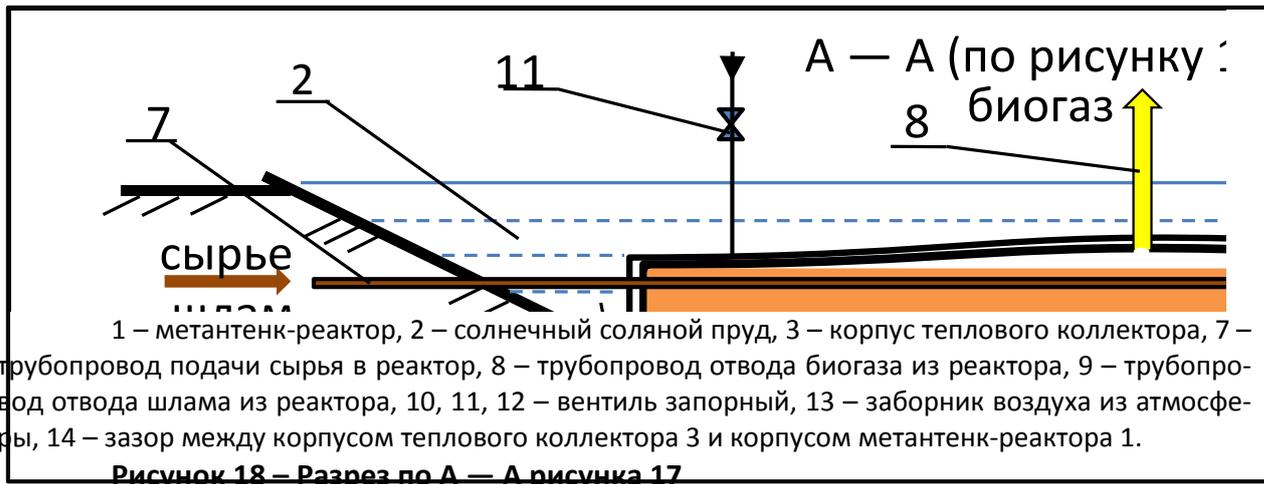
Подробное описание солнечной бани и её технико-экономические характеристики (2007 года) см. <http://proektant.ru/content/2495.html>;



**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.

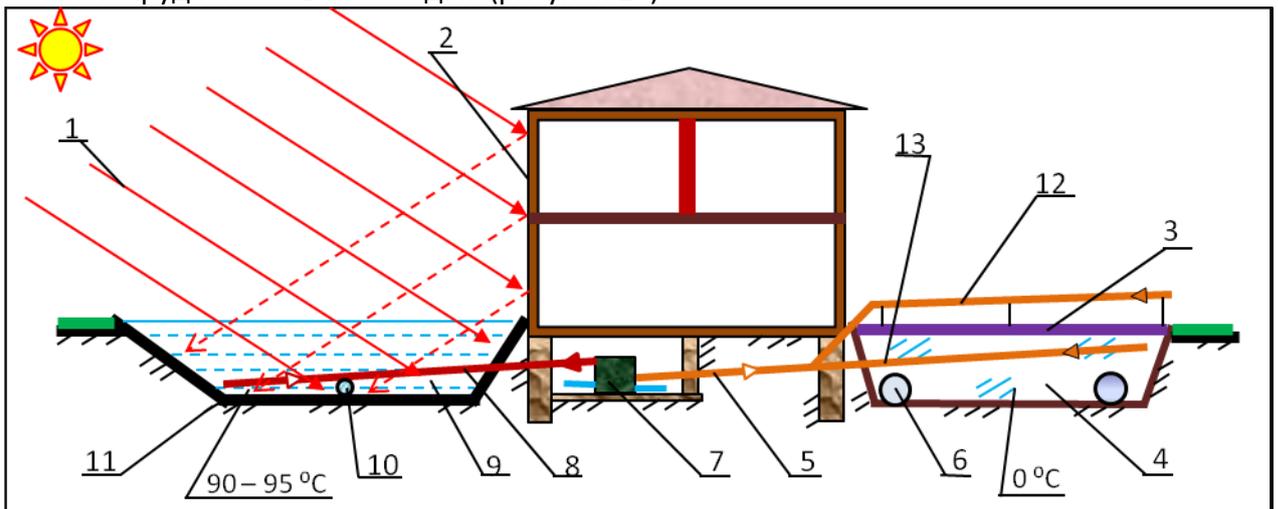
**Рисунок 17 – Схема гелиометантенк-реактора биогазовой**



**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).

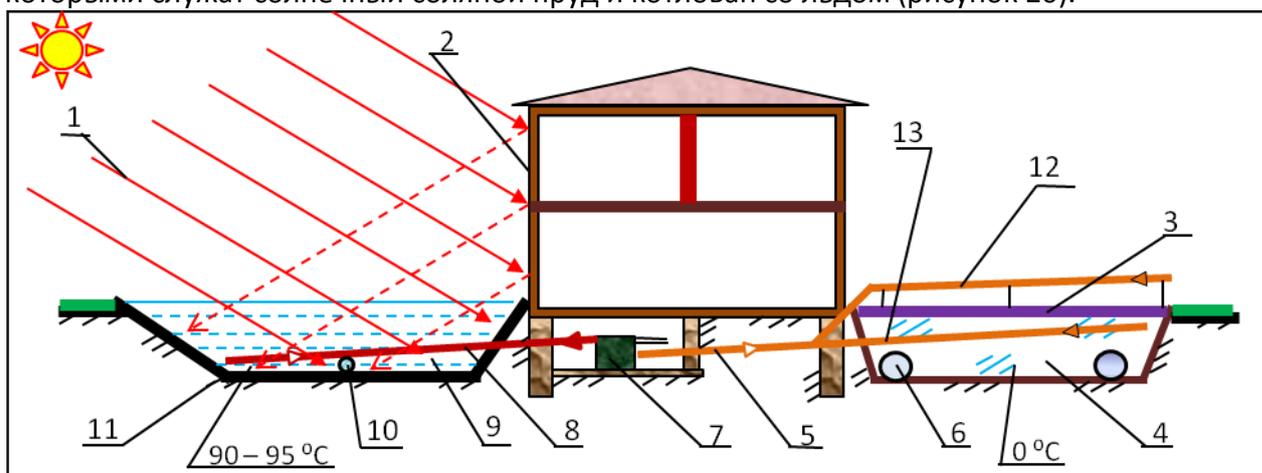


1 – солнечное излучение; 2 – концентратор солнечного излучения; 3 – покрытие теплоизоляционное; 4 – котлован, заполненный льдом; 5, 8 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 6 – воздуховод; 7 – водомёт (двигатель Стирлинга с водяным насосом); 9 – солнечный соляной пруд; 10 – водопровод; 11 – грунт; 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 гелиоводомета**

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 – воздухопровод; 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 сушики, 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;

**теплового 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.: Недра, 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).

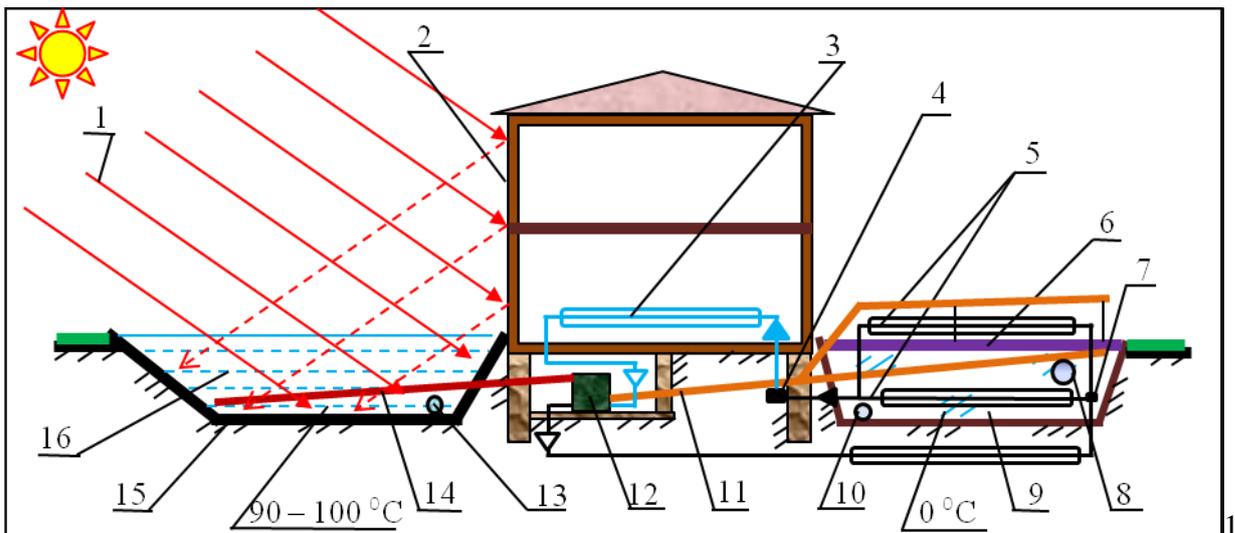
Термин «Энергопассивный дом» относится к строительным стандартам. Эти стандарты могут быть выполнены с использованием различных технологий, конструкций и

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 – воздухопровод; 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.

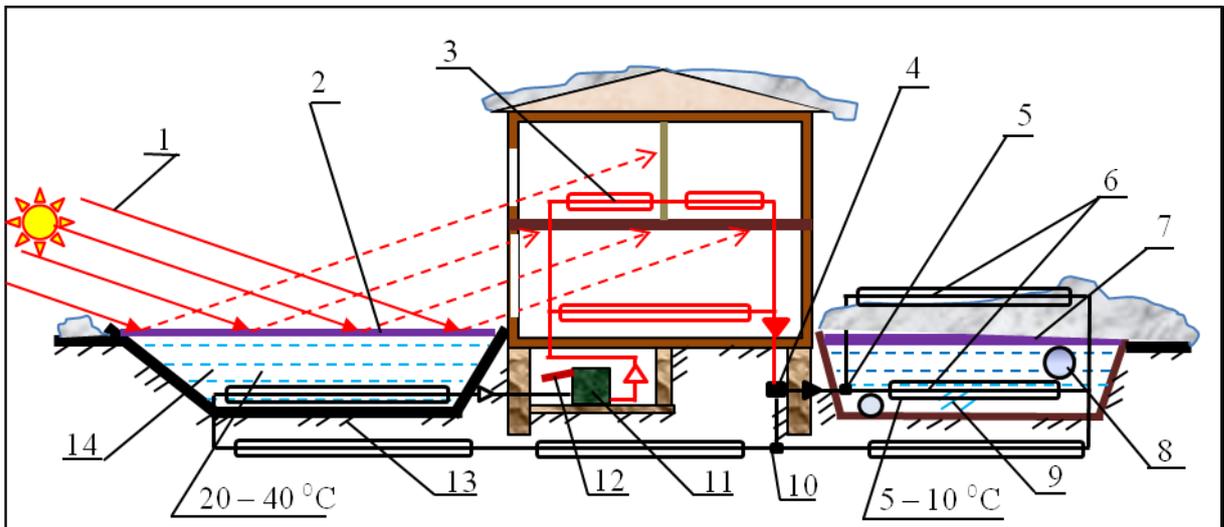
Вода (воздух), проходящая по водопроводу (воздуховоду) 13, нагревается до 50 – 90 °С (в зависимости от скорости движения) удовлетворяя потребности в горячей воде (воздухе) в течение всего лета, до глубокой осени. Кондиционирование помещений можно осуществлять охлажденным до 5 – 8 °С воздухом, поступающим 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 пределов.**

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<sub>ТП</sub>)**

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<sub>ТП</sub>: конденсатор 3 – дроссель 4 – испаритель 6. Хладомёт 11 работает от энергии сгорания биометана, обогревающего укороченную тепловую трубу 12 (конструкция топок-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<sub>ТП</sub> (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.

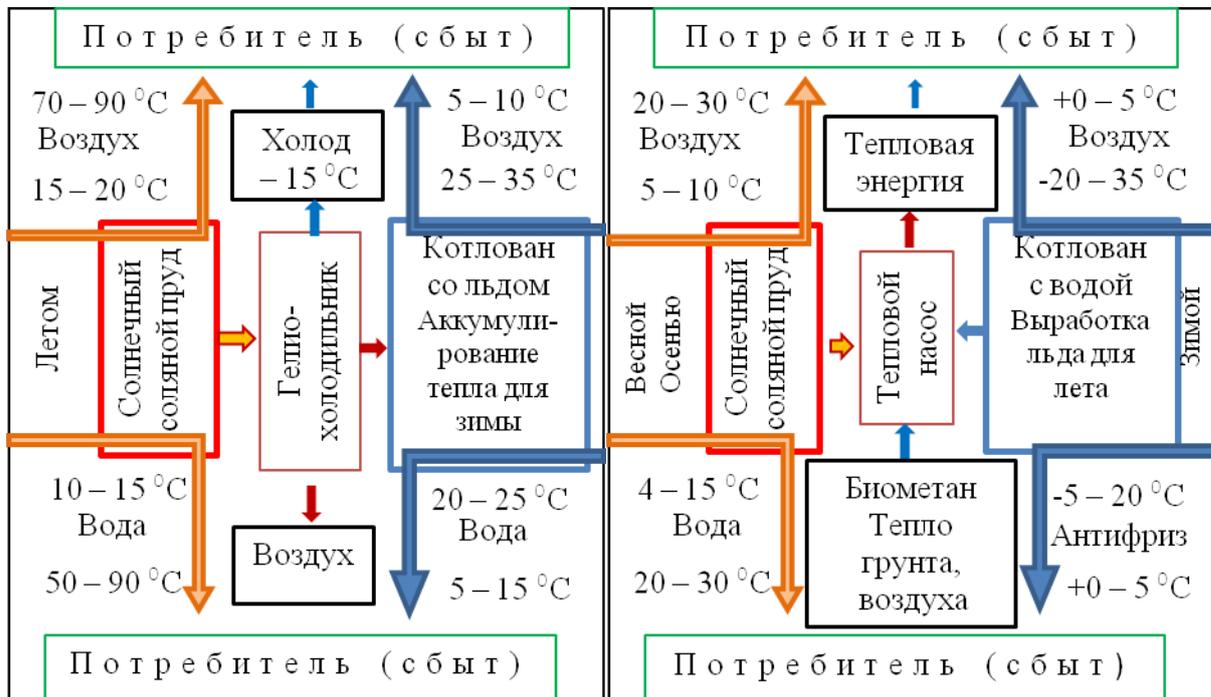
В рассматриваемом случае, на испарителе 6, расположенном в котловане 9 и под котлованом образования ледяных наростов не является непреодолимым препятствием для эксплуатации системы. Когда вся вода в котловане 9 замерзнет, и дальнейшая эксплуатация ТН<sub>ТП</sub> с этим участком станет малоэффективной 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<sub>ТП</sub> 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<sub>ТП</sub> 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<sub>ТП</sub>.



**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 —  $332\text{ м}^3$ .

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 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
<b>Гелиохолодильник</b>			
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 <sup>3</sup> )	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.**

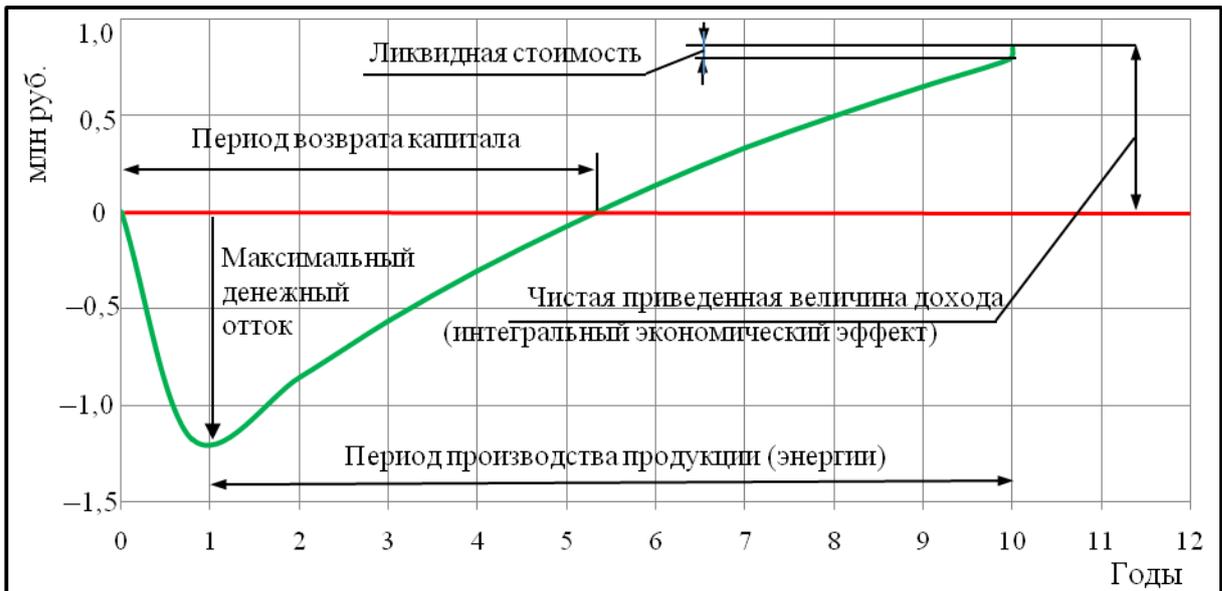
Год $t$	$B_t$	Затраты			Рост стоимости энергии и издержек, $k_{ЭН}$	Чистые доходы $k_{ЭН}(k_3 B_t -$	Фактор дисконтирования $(1+r)^{-t}$	$NPV_t$
		Кап-вложения	расходы, издержки	Всего $C_t$				
1	0	1389	0	1389	–	–1389	0,847	–1176
2	лето	320	0	54	133	1,060	0,718	322
	зима	164		79				
3	лето	320	0	54	133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

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](mailto:Genboosad@mail.ru)

Омск 2013 г.