

# Система солнечного холодотеплоснабжения для применения в средней полосе России

Г.Б. Осадчий, инженер

Постоянно встает вопрос о применении нетрадиционных источников энергии для теплоснабжения для суровых условий России. Одним из таких источников 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.

Рассмотрим это на примере Омской области.

Известно, что геотемпературное поле каждого участка земной коры индивидуально, в частности в Западносибирском бассейне.

Одной из основных причин, влияющих на геотермический режим его 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 [1].

Кроме этого, 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 [2] 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 меньшим 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 многолетнемерзлых 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 бурение глубиной более 4 км, **что не под силу малым и средним предприятиям.**

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 [3], 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  $W_{(м)}$ , также случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

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

В момент времени  $T = 0$  завезено определенное количество труб  $Q_{(м)}$ . 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 приравняем 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.**

Как альтернатива, рядом ученых-практиков Германии проблемы теплоснабжения 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 было бы относить эти потери на баланс таких энергопассивных домов.*

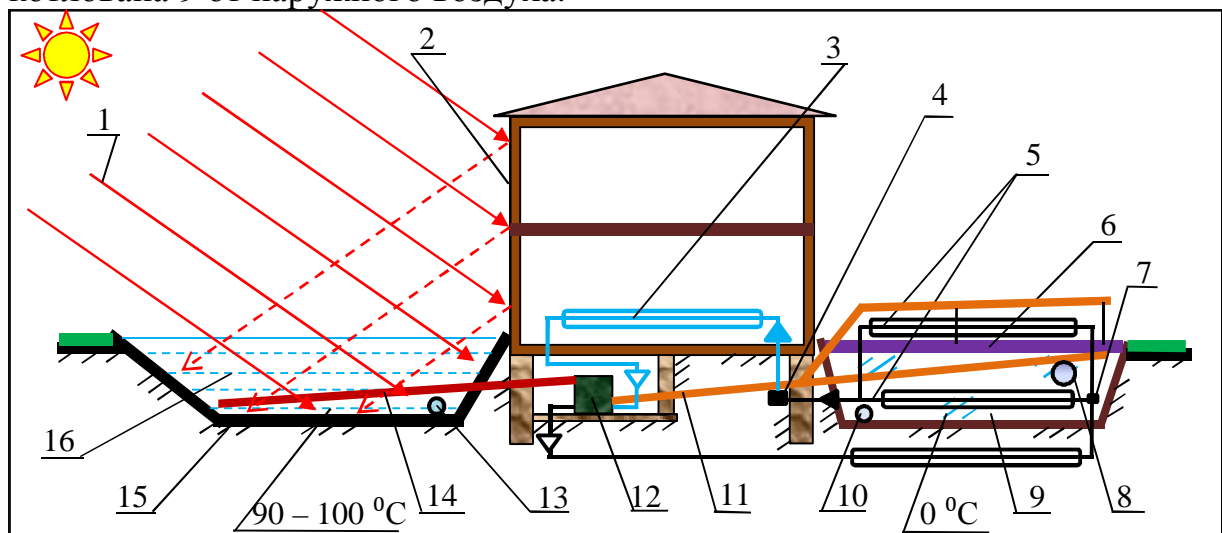
При значительной инсоляции зимой, автономная система электро- и теплоснабжения таких частных домов состоит, как правило, из

фотоэлектрических преобразователей и солнечных нагревателей, расположенных на крыше, но они могут быть применены не везде.

У каждой страны есть свои приоритеты в сфере энергетики — отвечающие нуждам промышленности и укладу жизни.

Предлагаемая система холодотеплоснабжения (рисунки 1, 2), разработанная в Конструкторском Бюро Альтернативной энергетики «ВоДОмёт» (г. Омск), как никакая другая учитывает климатические условия средней полосы России и юга. Принципиально не отличаясь от ранее описанных систем [4, 5], она конкретизирована в деталях и содержит основные данные по выполненному экономическому расчету, с учетом экологического фактора.

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 1), 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.



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 1 – Схема системы среднетемпературного холодоснабжения (гелиохолодильника)**

Система предназначена для охлаждения замкнутых объемов посредством циркуляции хладагента по рабочему контуру гелиохолодильника: 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.

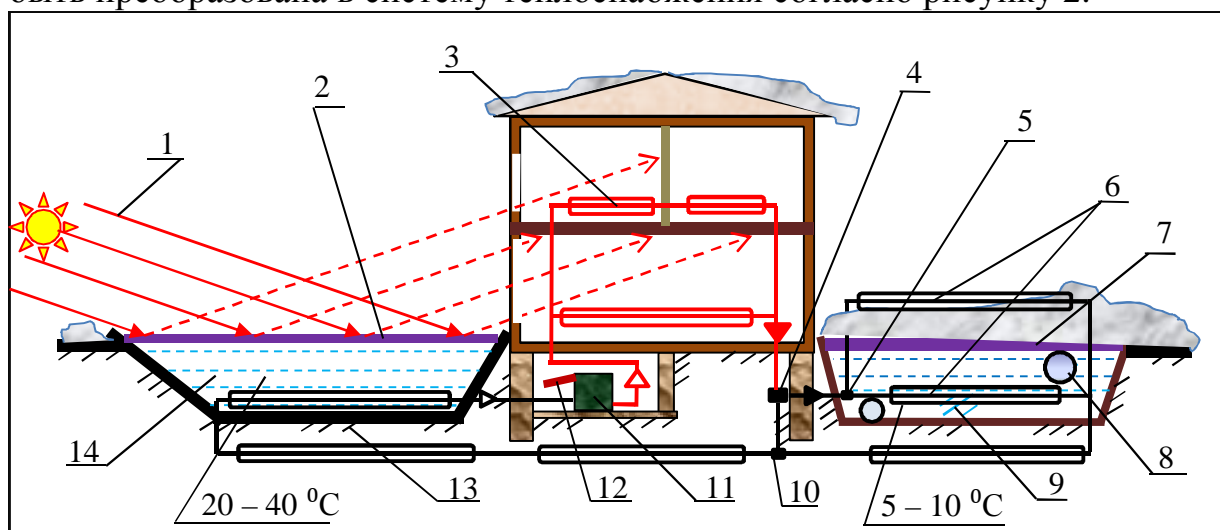
Охлаждение помещений можно осуществлять также за счет циркуляции масла; маслопровод 10 — охлаждаемое помещение.

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 участятся 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 2.



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

**Рисунок 2 – 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 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

пруды 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 воздухопровод 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 совершенно жуткая.

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 аккумулирование 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.

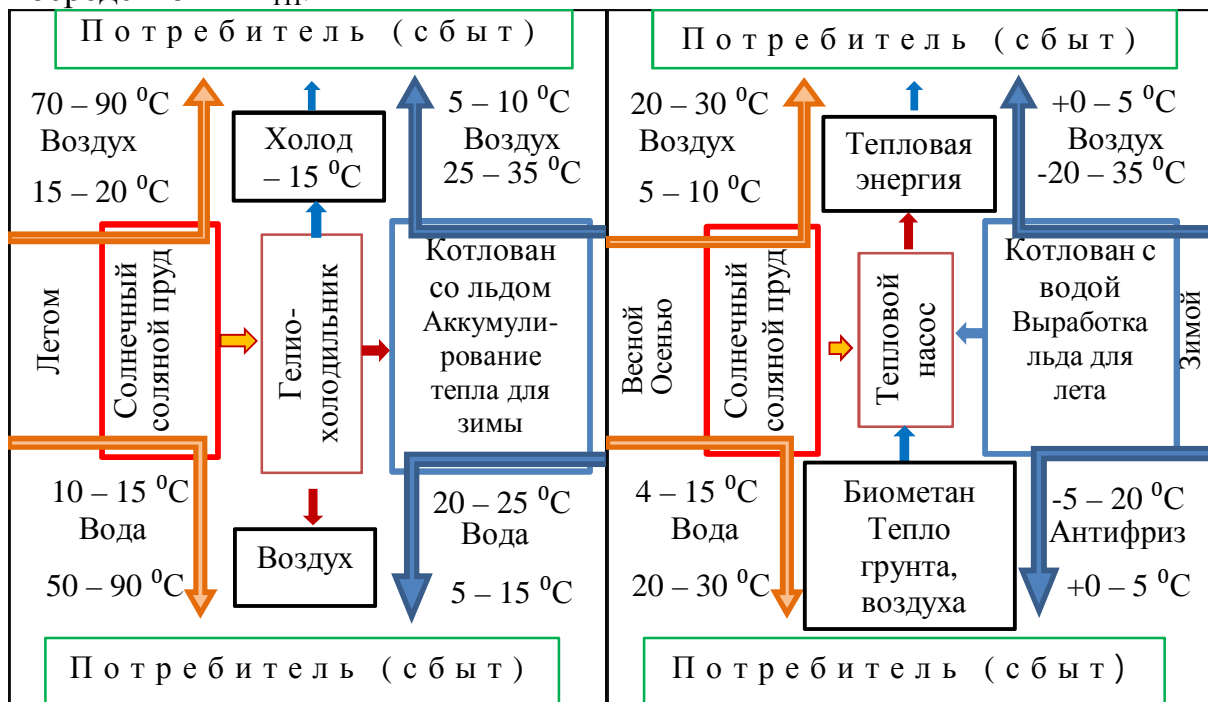
При продолжительных морозных зимах, а также для объектов с малым объемом котлована пополнять его теплотой зимой можно за счет отвода «отработавшего» воздуха из здания по воздуховоду 8. И при этом «подогревать» поступающий в помещения свежий морозный воздух можно в параллельно расположенном в котловане 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 водой котлована зимой, расходуется летом (рисунок 3), а теплота, аккумулированная водой котлована летом, расходуется зимой посредством ТН<sub>ТП</sub>.



**Рисунок 3 – Схемы всех генерируемых системой холодоснабжения (летом) и системой теплоснабжения (зимой) видов энергий**

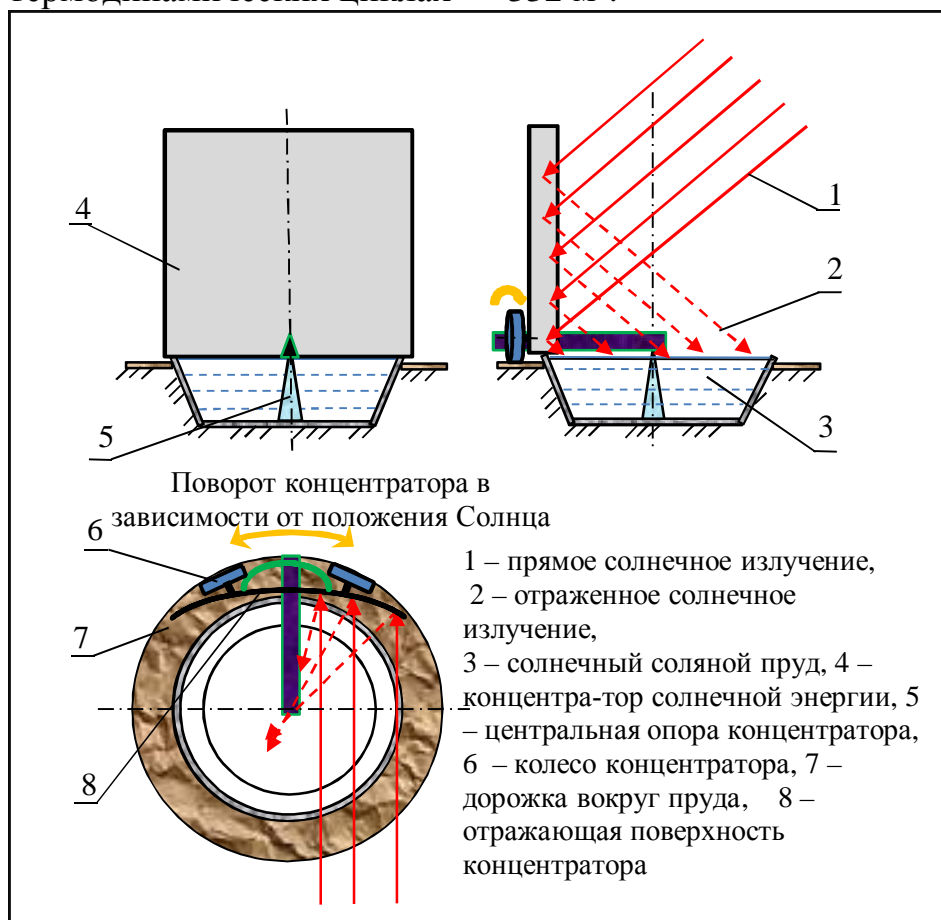
На рисунке 3 приведены все дифференцированные виды энергии, которые можно получать летом за счет солнечного соляного пруда, котлована со льдом и окружающего воздуха системой холодоснабжения и те, которые можно получать зимой системой теплоснабжения.

Как видно из рисунка 3 разнообразие генерируемых видов энергии системой холодотеплоснабжения обеспечивается в основном за счет энергий всего двух основных сооружений — пруда и котлована и биометана. 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 3) системами: холодоснабжения; теплоснабжения; горячего водоснабжения представлены ниже.*

Расчет систем проведен для широты Омской области ( $55^\circ$  северной широты) для зоны недоступности теплоснабжения от городской ТЭЦ. Площадь солнечного соляного пруда (зоны аккумуляции 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 4) и связано с периодически возникающими ветровыми нагрузками). Общий, расчетный, объем котлована для приема всей теплоты, неиспользованной в термодинамических циклах —  $332\text{ м}^3$ .



**Рисунок 4 – Конструктивная схема концентрирования солнечной энергии в солнечный соляной пруд концентратором солнечной энергии за счет слежения за движением Солнца по небосводу.**

В данной статье, из-за наложенных на её объем ограничений, раскрыта только в общем виде оригинальная конструкция концентратора, и вытекающие из неё преимущества по концентрации в солнечный пруд солнечной энергии, рисунок 4 и не раскрыта выработка биометана (биогаза) с использованием энергии солнечного соляного пруда. Эти технические решения, при заинтересованности читателей данным направлением энергетики возобновляемых источников энергии (ВИЭ), будут представлены в дальнейшем.

Материалы, относящиеся к результатам расчета эколого-экономической эффективности системы холодотеплоснабжения, представлены ниже в виде таблиц и рисунков

**Таблица 1 – Объемы солнечной энергии, аккумулируемые летом солнечным прудом (площадь 78,5 м<sup>2</sup>)**

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
Аккумулированная 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

\*изменение аналогично изменению по месяцам температуре воздуха в Омске

\*\*без учета выделения теплоты при кристаллизации воды вечером и ночью [6].

**Таблица 2 – 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
<b>Система горячего водоснабжения</b>			

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
<b>Тепловой насос и рекуперированная теплота сгоревшего биометана</b>			
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 1 и 2, 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:

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

где  $B_t$  – выгода (доход) от проекта в году  $t$ , руб.;  $k_{\square} = 1,15$  – коэффициент (**минимальное его значение, равное 1/3 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 [7] 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  $k_{\square}$  возрастает до значений (1,5 – 1,75) при возведении системы в пригородных, курортных, заповедных зонах и т.д.

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

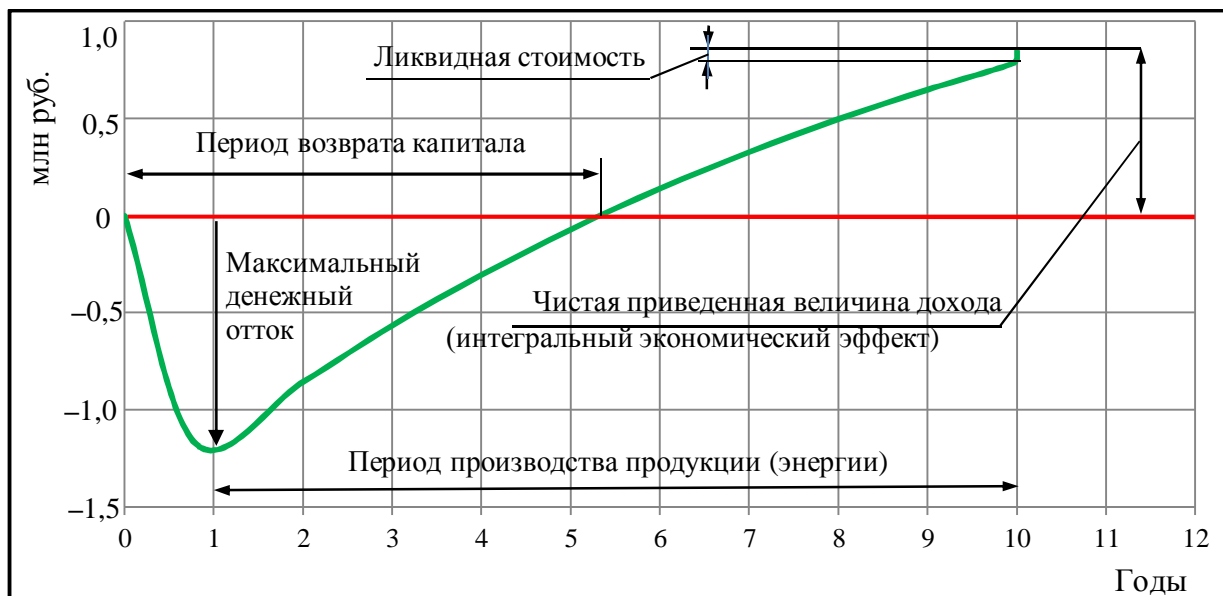
3) ставка дисконта  $r$  снижается по мере становления (развития) энергетики ВИЭ.

Результаты расчетов экономической эффективности системы холодотеплоснабжения сведены в таблицу 3.

**Таблица 3 – Сводная таблица чистой приведенной величины дохода, тыс. руб.**

Год $t$	$B_t$	Затраты			Рост стоимости энергии и издержек, $k_{\text{эн}}$	Чистые доходы $k_{\text{эн}}(k_{\square}B_t - C)_t$	Фактор дисконтирования $(1+r)^{-t}$	$NPV_t$	
		Кап-вложения	расходы, издержки	Все-го $C_t$					
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					
<b>Всего</b>								<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>	

На основании сводной таблицы 3 построен финансовый профиль проекта, (рисунок 5)



**Рисунок 5 – Финансовый профиль системы холодотеплоснабжения со ставкой дисконтирования 18 %**

Рассмотренная система солнечного холодотеплоснабжения наглядно показывает, что у российской энергетики ВИЭ, основанной на использовании особенностей климатических условий средней полосы России, имеется хорошая обоснованность её будущего. **Также рассмотренная система может с успехом применяться в горных районах юга России и СНГ.** И как это не парадоксально, но это относится к альтернативной энергетике, использующей солнечную и бросовую энергии.

### Список литературы

- 1 Маврицкий Б.Ф. Геотермическая зональность Западно-Сибирского артезианского бассейна. Изв. АН СССР, серия геол. 1960. № 3, С. 72 – 83
- 2 Курчиков А.Р., Ставицкий Б.П. Геотермия нефтегазоносности областей Западной Сибири. М.: Недра, 1987, 134 с
- 3 Кузнецов П.А. Организационная надежность управления ресурсным обеспечением при переустройстве аварийных объектов // Жилищное строительство. 2006. № 1. С. 5 – 6.
- 4 Осадчий Г.Б. Нетрадиционные варианты хладотеплоснабжения зданий // Технология машиностроения. 2004. № 1. С. 50 – 54.
- 5 Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ). Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.
- 6 Овчинников 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.

7 Копылов А.Е. Экономические аспекты выбора системы поддержки использования возобновляемых источников энергии в России // Энергетик. 2008. № 1– С. 7 – 10.

Автор: Осадчий Геннадий Борисович, инженер, автор 140 изобретений СССР.

Тел (3812) 60-50-84, моб. 8(962)0434819, E-mail: [genboosad@mail.ru](mailto:genboosad@mail.ru)

Для писем: 644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв.17.