

**Ильин Роман Альбертович**

канд. техн. наук, доцент,

заведующий лабораторией

**Хромых Виктор Юрьевич**

магистрант

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный

технический университет»

г. Астрахань, Астраханская область

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СОЛЯНОГО ПРУДА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ**

*Аннотация: в работе рассмотрена разработка и возможное совершенствование солнечного соляного пруда, встречающиеся проблемы реализации, потенциал и актуальность. Изложены физические основы эффективного аккумулирования солнечной энергии. Рассмотрены условия работы солнечного соляного пруда для отопления административного здания.*

*Ключевые слова:* плотность, соль, пруд, солнечная энергия, термоклин, галоцин.

В сложившейся структуре мировой энергетики основная масса энергии вырабатывается за счет использования природных источников энергии (уголь, природный газ, нефтепродукты т. п.), а их запасы на Земле не безграничны. Стимулом для развития использования энергии солнца, как возобновляемого вида энергии, является осознание угрозы изменения климата (парниковый эффект) и связанных с этим экономических потерь; сильная зависимость развитых стран от импорта топлива; ограниченность запасов органического топлива на Земле. Эффективное освоение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится насущной необходимостью, а разработка и совершенствование солнечных энергетических установок, методики их инженерного расчета, всемирное их практическое внедрение, являются актуальными, способными принести значительный экономический и социальный эффект.

В данной работе рассмотрена возможность применения солнечного соляного пруда для теплоснабжения административного здания, встречающиеся проблемы реализации, потенциал и актуальность. Рассмотрены условия работы солнечного соляного пруда, характеристики, принцип работы.

Солнечный соляной пруд (рис. 1) – это неглубокий бассейн (2–4 м) с крутым рассолом в нижней его части, у которого в нижнем придонном слое температура под действием солнечной радиации достигает 100 °C и даже выше. На 1 м<sup>2</sup> площади пруда требуется 500–1000 кг поваренной соли, её можно заменить хлоридом магния [1].

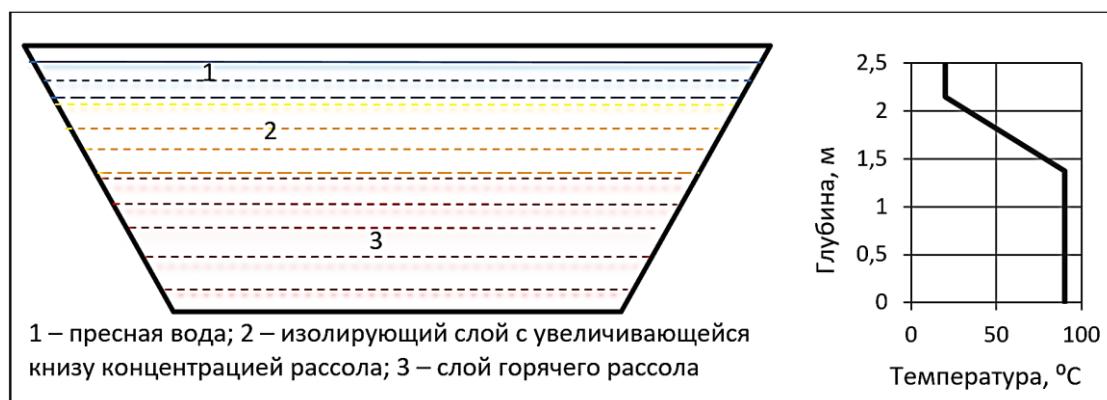


Рис. 1. Схема солнечного соляного пруда и изменение температуры жидкости по глубине пруда

Физической основой возможности получения таких высоких температур вблизи дна пруда является подавление гравитационной конвекции – всплытия нагретой Солнцем вблизи дна жидкости вверх под действием архимедовой силы, если плотность жидкости падает с ростом температуры. Чистая и слабосоленая (в том числе морская) вода подчиняется этому закону: по мере нагрева из-за термического расширения плотность уменьшается и нагретая, вода всплывает вверх, отдавая тепло воздуху, а её место замещает холодная. Устанавливается непрерывный процесс конвекции с переносом теплоты от нагретого солнцем дна вверх и отдача ее воздуху.

В солнечном пруду такой конвекции нет, потому что у крутосоленого рассола большой плотности, находящегося у дна, по мере нагрева плотность повышается из-за роста растворимости соли в воде и этот эффект пересиливает действие расширения жидкости. Соль в горячей воде растворяется быстрее, чем в холодной, в основном благодаря диффузии. Следовательно, при нагреве придонного слоя кристаллы соли быстрее переходят в рассол, увеличивая его плотность.

Верхний слой пруда состоит из пресной воды, с толщиной обычно 0,1–0,3 м, где подавить перемешивание жидкости не удается. Сказывается действие ветра, неравномерного загрязнения поверхности и других причин. Этот слой называется верхней конвективной зоной, и его толщина должна быть как можно меньше и чище, и поверхность без ряби, чтобы снизить потери излучения, входящего в воду. То, солнечное излучение, что поглотилось в верхней конвективной зоне, – потери энергии, ибо она легко уносится с поверхности ветром и за счет испарения воды.

Ниже находится градиентный слой (изолирующий слой с увеличивающейся книзу концентрацией рассола), именно здесь создается «термоклин» и «гальоклин» – резко неравномерное распределение и температуры, и солености при полном отсутствии перемешивания, если пруд работает устойчиво. От толщины этого слоя – не конвективной зоны – сильно зависят все характеристики пруда. Термическое сопротивление изолирующего слоя воды составляет примерно  $1,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Вт}^{-1}$ , в то время как сопротивление современного типичного плоского пластинчатого солнечного приемника  $0,4 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Вт}^{-1}$ . А самое существенное в этой «конструкции» пруда, это то, что термическое сопротивление градиентного слоя в 1000 раз выше сопротивления пресной воды при наличии свободной конвекции ( $0,0018 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Вт}^{-1}$ ).

Наконец, в придонном слое находится зона накопления энергии, состоящая из слоя горячего рассола, или конвективная зона, где допустимо перемешивание. Её толщина также влияет на показатели пруда – в основном на его тепловую инерцию.

Полезной энергией пруда является теплота, аккумулированная этим слоем. Её можно использовать как для целей теплоснабжения, так и для выработки электроэнергии путем пропускания рассола из этой зоны через какие-либо теплообменники. На рисунке 2 показана величина КПД пруда – отношение отводимой теплоты к падающей на поверхность солнечной энергии [2].

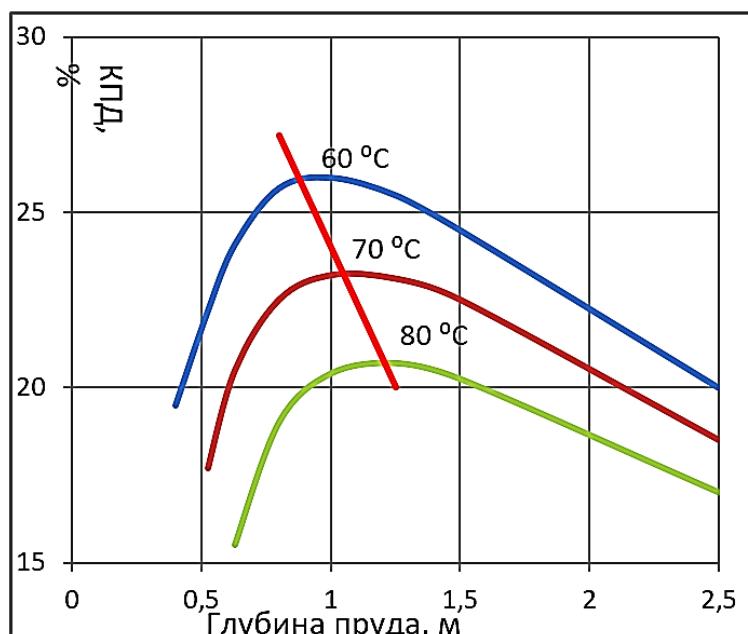


Рис. 2. Зависимость КПД солнечного соляного пруда, не имеющего теплоизоляции дна и боковых стенок, от температуры рассола ( $^{\circ}\text{C}$ )  
и глубины не конвективной зоны

Для солнечных соляных прудов в настоящее время используют отходы соляных производств, содержащие большую долю хлорида магния, не пригодную для питания. А чтобы предотвратить утечки поверхность дна покрывают пластмассовой пленкой или слоем фурановой смолы. Иногда достаточно того, что дно «убивается» водонепроницаемой глиной.

Для обустройства солнечного соляного пруда можно использовать основные технологические приемы, используемые при сооружении обычного пресноводного бассейна (пруда), которые состоят в следующем: роют котлован с отлогими (не круче 20–25  $^{\circ}$ ) берегами. Дно и стенки его укрепляют глиной. Вначале глину разминают с водой до состояния мягкого теста, не липнущего к лопате. Массу слоем 15 см укладывают на дно и на стенки водоёма и утрамбовывают. Глине дают подсохнуть, укладывают второй слой и вновь утрамбовывают. Затем

укладывают третий слой. Каждый слой даёт усадку приблизительно на 3 см, поэтому окончательная толщина получается порядка 35–39 см. По краям водоёма укрепительные слои глины делают на 15 см выше предполагаемого уровня воды. В верхний слой глины после окончательного просыхания утрамбовывают 2–3 см слой крупного гравия. Для окончательной отделки поверх гравия насыпают 5–7 см. мелкого щебня или песка. Конечно, для солнечного соляного пруда берега должны быть круче с отделкой соответствующим материалом.

Существенным преимуществом солнечных соляных прудов является то, что наряду с прямым солнечным излучением они воспринимают (аккумулируют) рассеянное излучение, отраженное от облаков, предметов и т. п.

Солнечный соляной пруд представляет собой одновременно коллектор и аккумулятор теплоты, причем по сравнению с обычными коллекторами и аккумуляторами он является более дешевой системой.

В работе сделан небольшой примерный расчет и посчитано максимальное потребление системы в административном помещении площадью 1000 м<sup>2</sup> для Государственное предприятие Астраханской Области «Сельскохозяйственное предприятие – птицефабрика «Степная» (рис. 3).



Рис. 3 Внешний вид административного здания

Так как для отопления 1 м<sup>2</sup> помещения с помощью теплых полов необходимо 100 Вт, а с 1 м<sup>2</sup> солнечного соляного пруда получаем 20 Вт. Таким образом, основываясь на приведенные экспериментальные данные автора, для отопления 1 м<sup>2</sup> теплых полов в административном здании птицефабрики необходимо 5 м<sup>2</sup> соляного пруда.

В работе рассчитаны показатели стоимости в ценах 2015 года, солнечного соляного пруда и вспомогательного оборудования составили – 19,6 млн Среднесуточное количество теплоты с температурой 90–95 °C, и глубиной 2,2 м (с теплоизоляцией). Как показывает практика, средняя продолжительность работы теплого пола в хорошо утепленном помещении составляет 9–12 часов в сутки. По утверждению производителя теплых полов Thermo [3], максимальное энергопотребление установки в сутки составит:

$$D_c = 7 \text{ кВт} * 9 \text{ ч} = 63 \text{ кВт} * \text{ч} ;$$

– общая номинальная мощность:

$$S = 100 \text{ Вт} * 700 \text{ м}^2 = 7000 \text{ Вт} = 7 \text{ кВт};$$

Для отопления 1 м<sup>2</sup> теплых полов административного помещения необходимо 5 м<sup>2</sup> соляного пруда. Следовательно, для отопления 1000 м<sup>2</sup> с учетом того, что систему теплого пола достаточно установить 70% от общей площади, для обеспечения обогрева всего помещения, необходимо:

$$Z = 700 * 5 = 3500 \text{ м}^2;$$

Таким образом, размеры пруда – (59,16 × 59,16 м) с теплопроводностью – 3,6 кВт·ч/сезон\* (\* сезон – 180 дней).

Итак, окупаемость солнечного соляного пруда по вычислениям авторов составляет более 400 лет, это с учетом рытья котлована с отлогими берегами, установкой каких-либо теплообменников, испарением, то есть, добавлением 945 литров воды в час и эксплуатационные затраты. Анализ работы является показателем, что в нынешнее время установка подобного оборудования для солнечных соляных прудов весьма дорогостоящие и нецелесообразно.

### **Список литературы**

1. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
2. Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. – Омск: ИПК Е.А. Макшеевой, 2010. – 572 с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.knowhouse.ru/gost/sp\\_2013/sp\\_29.13330.2011.pdf](http://www.knowhouse.ru/gost/sp_2013/sp_29.13330.2011.pdf).