

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INFLUENCE OF VARIOUS TYPES OF SOLAR COLLECTORS FOR PERFORMANCE SOLAR DESALINATION PLANT

**Rakhmatulin I.R.**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

**Abstract.** The article discusses the possibility of using renewable energy for water purification. Results of analysis of a preferred energy source for a water purification using installed in places where fresh water shortages and a lack of electrical energy. The possibility of desalination of salt water using solar energy for regions with temperate climate. Presented desalination plant working on energy vacuum solar collectors, principles of action developed by the desalination plant. The experimental results of a constructed distiller when working with vacuum glass tubes and vacuum tubes with copper core inside. Conclusions about the possibility of using solar collectors for water desalination are tips and tricks to improve the performance of solar desalination plant.

**Keywords:** Solar collector, desalination plant, shortage of fresh water.

### CERCETĂRI EXPERIMENTALE A INFLUENȚEI DIFERITOR CONSTRUCȚII ALE COLECTOARELOR SOLARE ÎNTRU SPORIREA EFICIENȚEI INSTALAȚIEI SOLARE PENTRU DESALINIZAREA APEI

**Rahmatulin I.R.**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Federația Rusă*

**Rezumat.** În articolul se examinează posibilitatea de utilizare a surselor regenerabile de energie pentru desalinizarea apei. Sunt prezentate rezultatele analizei sursei preferate de energie pentru desalinizarea apei, în caz de utilizare a instalației în regiunea cu deficit de apă potabilă și cu lipsa de energie electrică. S-a studiat posibilitatea desalinizării apei prin utilizarea colectoarelor solare pentru regiunea cu climă temperată. Instalația de desalinizare a apei, descrisă în articol, funcționează pe baza colectoarelor solare cu vid. Sunt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale ale instalației de desalinizare a apei, care funcționează cu tuburi din sticlă vidate și cu tuburi vidate cu tijă din cupru, amplasată în interiorul tubului. Sunt formulate concluzii privind utilizarea colectoarelor solare pentru desalinizarea apei și recomandări orientate spre sporirea productivității instalației solare la producerea apei potabile.

**Cuvinte-cheie:** Colector solar, instalația de desalinizare, deficitul apei proaspătă.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

**Рахматулин И.Р.**

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования возобновляемых источников энергии для очистки воды. Приведены результаты анализа предпочтительного источника энергии для очистки воды, при использовании установки в местах с дефицитом пресной воды и отсутствием электрической энергии. Рассматривается возможность опреснения соленой воды при помощи энергии солнечных коллекторов для регионов с умеренным климатом. Представлена опреснительная установка, работающая на энергии вакуумных солнечных коллекторов, описан принцип действия разработанной опреснительной установки. Приведены результаты экспериментальных исследований сконструированного опреснителя при работе с вакуумными стеклянными трубками и с вакуумными трубками с медным стержнем внутри. Сделаны выводы о возможности использования солнечных коллекторов для опреснения воды, приведены рекомендации для повышения производительности солнечной опреснительной установки.

**Ключевые слова:** Солнечный коллектор, опреснительная установка, дефицит пресной воды.

#### **Введение**

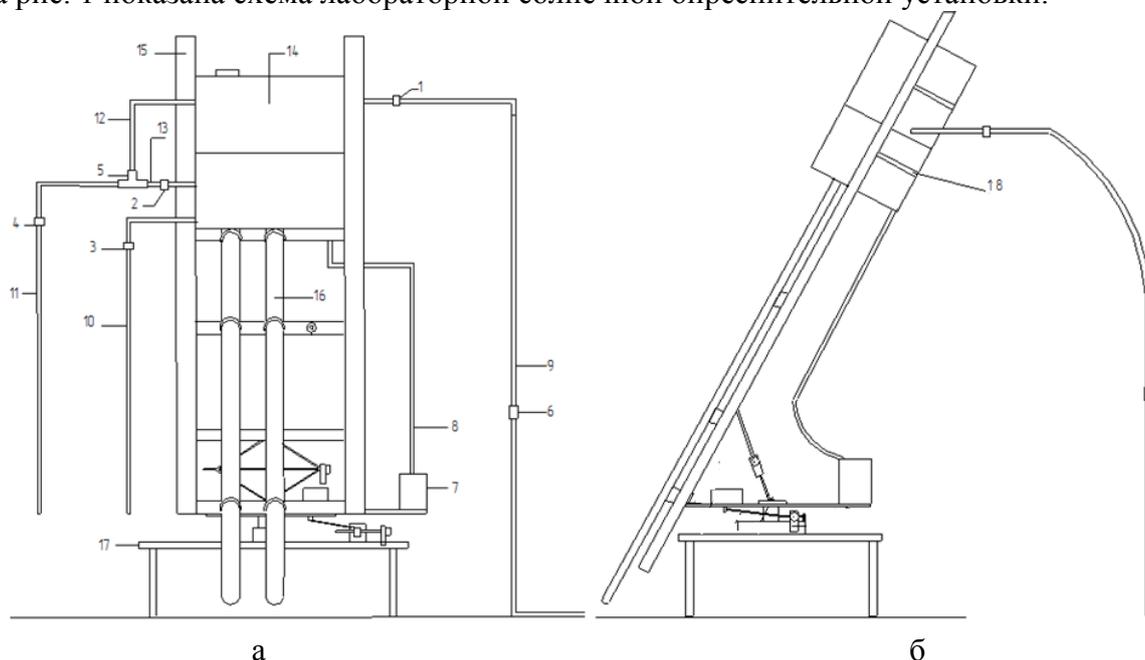
Энергии, вырабатываемой современными вакуумными солнечными коллекторами, достаточно не только для нагрева воды, но и для последующего её

испарения. В связи с чем, за счет опреснения соленых вод океанов и загрязненных источников, сделаны выводы о возможности использования потенциала солнечных коллекторов для решения одной из самых глобальных проблем человечества – проблемы дефицита пресной воды. Преимущество использования возобновляемых источников энергии для очистки воды представлены в работах [1], [2]. Опресненную воду можно использовать для сельскохозяйственных нужд, в которых на орошение земель расходуется 50 – 60 % объема необходимого всему народному хозяйству, что составляет примерно 2 100 000 м<sup>3</sup> в сутки [3].

Для подтверждения возможности использования трубок вакуумного коллектора для испарения воды в регионах с умеренным климатом, с учетом предварительных расчетов и испытаний [4], было принято решение о создании лабораторной солнечной опреснительной установки и дальнейшее проведение экспериментальных исследований над ней.

### Основные результаты

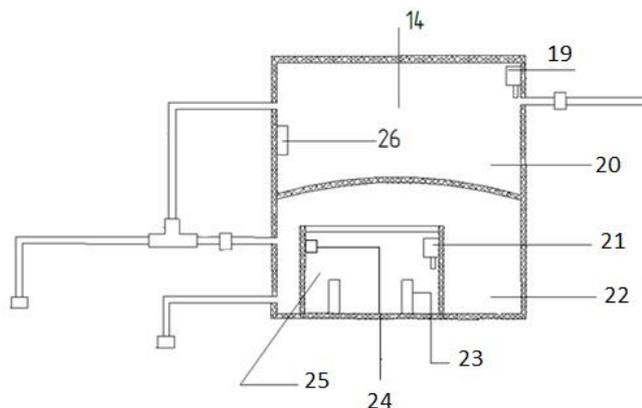
На рис. 1 показана схема лабораторной солнечной опреснительной установки.



**Рис.1.** Общий вид – а и вид сбоку – б солнечной опреснительной установки:  
 1,2,3,4 – электромагнитные клапаны, 5 – распределитель, 6 – соединительная муфта, 7 – емкость для дистиллята, 8 – трубопровод для подачи дистиллята, 9 – трубопровод для подачи соленой воды, 10 – трубопровод для сброса соленой воды с повышенным солесодержанием, 11 – трубопровод для сброса соленой воды с повышенной температурой, 12 – трубопровод для выхода соленой воды из емкости для конденсации, 13 – трубопровод для подачи соленой воды в секцию для опреснения, 14 – опреснитель, 15 – алюминиевые профили, 16 – вакуумные трубки солнечного коллектора, 17 – основание установки, 18 – алюминиевые крепления опреснителя на профилях

Соленая вода при открытом клапане – 1 через трубопровод – 9 подается в опреснитель – 14 под давлением из внешнего трубопровода, соединенного с трубопроводом – 9 посредством переходной муфты – 6. Опреснитель – 14 находится в наклонном состоянии, и удерживается при помощи алюминиевых креплений – 18 и профилей – 15 в неподвижном состоянии.

Для наглядности процесса опреснения на рис. 2 приведен вид опреснителя в разрезе.



**Рис. 2.** Вид опреснителя в разрезе: 19 – датчик наличия воды в секции для конденсации, 20 – секция для конденсации, 21 – датчик наличия воды в секции для опреснения, 22 – секция для дистиллята, 23 – термотрубки вакуумного солнечного коллектора, 24 – датчик солености в емкости для опреснения, 25 – секция для опреснения, 26 – температурный датчик

Далее соленая вода попадает в секцию для конденсации – 20. Уровень поступающей соленой воды контролирует датчик наличия воды – 19, который при понижении необходимого уровня воды открывает клапан – 1. При подаче сигнала от датчика наличия воды – 21 происходит открытия клапана – 2 и вода по трубопроводу – 13 поступает в секцию для испарения – 25, в которой медные стержни – 23 трубок вакуумного коллектора – 16 нагревают соленую воду. Соленая вода начинает нагреваться и испаряться. Образовавшийся пар поднимается и вследствие теплообмена между поверхностью секции для конденсации и паром, начинает конденсироваться. По наклонным поверхностям секции для дистиллята, образовавшиеся капли опускаются на дно емкости, где через трубопровод – 8 поступают в емкость для дистиллята.

Для того чтобы пар успевал сконденсироваться и не создавал повышенное давление в секции для опреснения, необходимо чтобы температура воды в секции для конденсации, не превышала температуру пара. Для этого в секции для конденсации устанавливается дискретный датчик температуры - 26, при превышении допустимого уровня температуры, датчик подает сигнал на открытие клапана – 4, до тех пор, пока температура в секции не стабилизируется.

В секции для испарения с течением времени увеличивается концентрация соли в испаряемой воде, что приводит к образованию накипи на нагревательных элементах, вследствие чего ухудшается теплопередача и снижается эффективность установки. Для снижения концентрации соли клапаном – 3 производится сброс рассола с повышенным содержанием соли. Для избегания потерь в производительности установки, данное действие осуществляется в ночное время.

На рисунке – 3 показана фотография опреснительной установки.



**Рис. 3.** Фотография солнечной опреснительной установки

Запуск процесса опреснения осуществляется через пульт управления, в котором установлено электрическое оборудование установки.

Для проведения экспериментов были использованы вакуумные стеклянные полые трубки и вакуумные трубки с медным стержнем внутри.

Условия проведения экспериментов:

- температура соленой воды на входе в опреснительную установку –  $24^{\circ}\text{C}$ ;
  - установка расположена в южном направлении, под углом -  $40^{\circ}$  к горизонту;
  - объем соленой воды в секции для опреснения на начальный момент испытания составляет 1,5 л;
  - объем соленой воды в секции для конденсации на начальный момент испытания составляет 7 л;
  - датчик соленой воды в секции для конденсации установлен на уровне 1,2 л.
- Датчик соленой воды в секции для конденсации установлен на уровне 5 л.

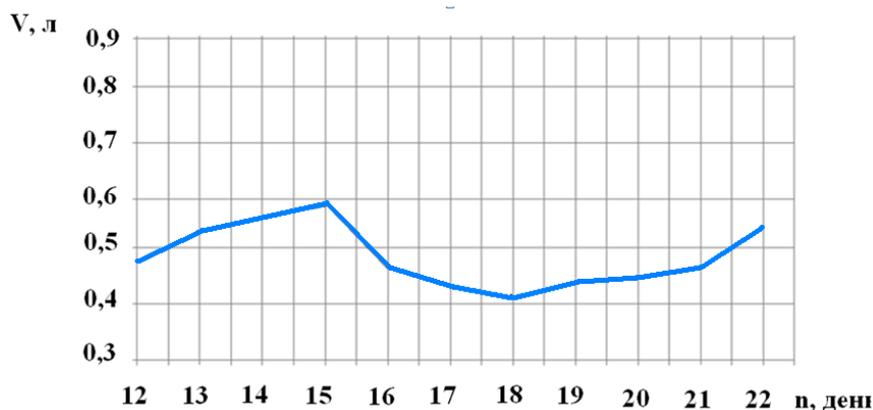
Производительность установки во многом зависит от технических характеристик вакуумных коллекторов, так как чем меньше потерь при передаче солнечной энергии в тепловую, тем больше производительность солнечного опреснителя.

Технические характеристики трубок вакуумного солнечного коллектора:

- коэффициент пропускания боросиликатного стекла:  $\geq 0,92$ ;
- поглощаемая способность селективного абсорбирующего покрытия:  $\geq 0,94$ ;
- излучательная способность полусферы:  $\varepsilon \geq 0,08$ ;
- качество вакуума:  $< 5 \times 10^{-5}$  Па.

Экспериментальные исследования солнечной опреснительной установки проводились в период времени с 1.08.2013 по 31.08.2013 с 9.00 по 19.00 в координатах  $54^{\circ}19'00''$  с.ш.  $59^{\circ}23'00''$  в.д..

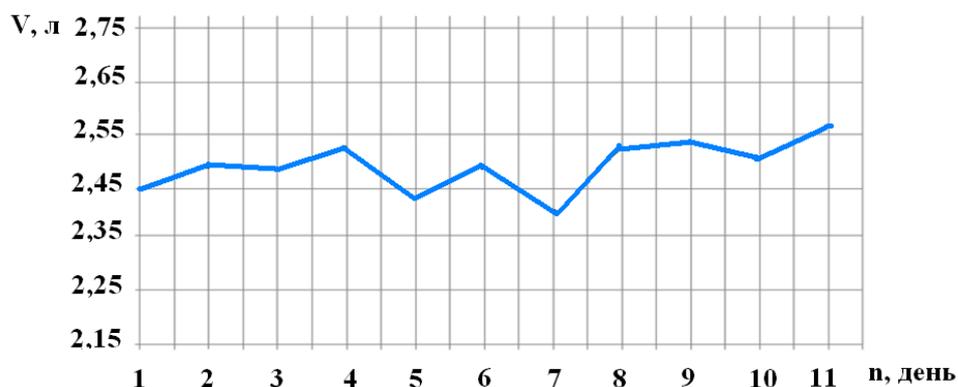
**Опыт №1.** Производительность установки при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками, показана на рис. 4.



**Рис. 4.** Производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными стеклянными трубками

Производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками остается на низком уровне и делает экономически не оправданным использование солнечной опреснительной установки для очистки воды. Повышение количества вакуумных трубок не приведет к значительному увеличению производительности. Главным недостатком использования вакуумных стеклянных трубок является не способность довести соленую воду до температуры кипения, состояния в котором наблюдается повышенная интенсивность испарения. Вследствие чего сделан вывод о не желательности использования вакуумных стеклянных трубок в качестве нагревательных элементов в солнечной опреснительной установке.

Производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными трубками с медным стержнем внутри, приведена на рис. 5.



**Рис. 5.** Производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными трубками с медным стержнем внутри

Производительность установки при использовании вакуумных трубок с медным стержнем внутри в несколько раз превышает производительность при использовании вакуумных полых трубок. Это объясняется тем, что медные трубки вакуумного коллектора способны довести воду до температуры кипения, и поддерживать необходимое состояние кипения в течение дня.

Производительность установки во многом зависит от наличия облачности, что отражается на рисунке 5. В зависимости от наличия солнца, производительность установки может колебаться от 0 до 2,6 л. в сутки при использовании двух вакуумных трубок с медным стержнем внутри. В меньшей степени зависит от температуры и

солёности опресняемой воды и при производстве небольших объёмов воды данные показатели рекомендуется не учитывать.

### Выводы

Результаты лабораторных испытаний показывают возможность использования вакуумных трубок солнечного коллектора с медным стержнем внутри для опреснения воды в регионах с умеренным климатом, в местах с дефицитом электрической энергии и в местах экологических катастроф. Производительность можно поднять путем увеличения количества вакуумных трубок, причем, увеличение производительности будет происходить практически в линейной зависимости. Другой способ повышения производительности это использование устройства слежения за солнцем, что сможет увеличить производительность установки на 10 - 30 % в зависимости от региона и времени года.

### Литература

- [1] Rahmatulin I.P. Ekologia kak osnovopolagaiuschii factor pri proektirovanii ustanovok po ochistke vody / I.P. Rahmatulin // Sbornik statei 12 mejdunarodnoi nauchno – prakticheskoi konferentsii MNITS PGSNA. – 2012. – С. 107 – 111 (in Russian).
- [2] Rahmatulin I.P. Vozobnovleemye istochniki energii v ekonomike prirodopolizovania i ohrany okruжайushchei sredy // I.P. Rahmatulin // Modernizatsia nauchnyh issledovaniy: materialy 21 Mejdunarodnoi nauchno – nauchno – prakticheskoi konferentsii po filosofskim, filologicheskim, iuridicheskim, pedagogicheskim, ekonomicheskim, psihologicheskim, sotsiologicheskim i politicheskim naukam. – 2012. – С. 18 – 21. (in Russian).
- [3] Slesarenko V.N.. Opresnenie morskoi vody / V.N. Slesarenko. – М.: Energoatomizdat, 1991. – 278 с. (in Russian).
- [4] Kirpichnikova I.M. Eksperimentalnye issledovaniya laboratornogo opresnitelea / I.M. Kirpichnikova, I.R. Rahmatulin // Alternativnaya energetika i ekologhia. – 2013. – Nr.1. – С. 40 – 43. (in Russian).

### Сведения об авторе



**Рахматулин Ильдар Рафикович**, аспирант кафедры «Электротехника и возобновляемые источники энергии» Южно-Уральского государственного университета, область научных интересов – солнечная энергетика, опреснение воды. Контактный адрес: Россия, г. Челябинск, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, e-mail: [ildar.o2010@yandex.ru](mailto:ildar.o2010@yandex.ru)