

Солнце и вода

Сейчас ходит много разговоров о проблеме пресной воды. Для непосвящённых обрисую вкратце ситуацию. Поверхность Земли более чем на две трети покрыта водой, однако вода эта непригодна для многих практических нужд человека по причине достаточно большого количества растворённых в ней солей: в среднем морская вода (а это именно о ней идёт сейчас речь) содержит их 3,5 % (35 %) по массе. Такую воду невозможно пить и она не подходит для использования в подавляющем большинстве технологических промышленных процессов. Ресурсы рек, несущих воду пресную, также ограничены, да и располагаются они не повсеместно.

Один самых надёжных способов убрать из воды растворённую в ней соль насовсем – это перегонка (дистилляция). Проблема состоит в том, что вода обладает довольно большими значениями удельной теплоёмкости и удельной теплоты парообразования, то есть дистилляция требует значительных энергетических затрат.

В наши дни часто встречаются сообщения о развитии солнечной энергетики. Действительно, вполне естественным выглядит предположение о том, что наиболее дешёвым будет использование энергии солнечного света, поскольку это неисчерпаемый и безопасный в экологическом плане источник. Попробуем провести оценку эффективности такого источника энергии при очистке воды посредством дистилляции не выходя далеко за пределы школьного курса физики ^[1].

Пусть нам требуется перевести в паровую фазу m кг воды. Воду нужно сначала нагреть с начальной температуры t_n до температуры кипения t_k (100°C), для чего необходимо количество теплоты

$$Q_{\text{нагр.}} = C \cdot m \cdot (t_k - t_n)$$

(считаем, что теплоёмкость воды постоянна в рассматриваемом интервале температур $C = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$), а для перевода её в пар необходима теплота

$$Q_{\text{исп.}} = L \cdot m,$$

где L – удельная теплота испарения воды ($2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$).

Интенсивность энергетического потока в виде электромагнитного излучения Солнца падающего перпендикулярно поверхности Земли (так называемая солнечная постоянная W) составляет величину $W = 1360 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (значение взято из ^[2, с. 73]). Пусть нам удалось собрать энергию солнечного света с площади $S \text{ м}^2$ и направить её на нагрев воды. На испарение воды понадобится время, равное

$$\tau = \frac{Q_{\text{нагр.}} + Q_{\text{исп.}}}{W \cdot S} = \frac{C \cdot m \cdot (t_k - t_n) + L \cdot m}{W \cdot S} = m \cdot \frac{C \cdot (t_k - t_n) + L}{W \cdot S}.$$

Далее можно предположить, что процесс дистилляции будет осуществляться в некой специальной установке. В соответствии с полученным выше выражением её производительность P будет равна

$$P = \frac{m}{\tau} = \frac{W \cdot S}{C \cdot (t_k - t_n) + L}.$$

Что касается конструкции упомянутой установки, то тут можно дать волю своей фантазии. Прежде всего, в ней должны будут присутствовать два элемента: а) устройство, собирающее солнечный свет, и б) перегонный куб, в котором осуществляется нагрев воды и перевод её в пар. В качестве первой может выступать система из двух параболических зеркал (рисунок 1) с эффективной собирающей поверхностью площадью S . Что касается перегонного куба, я бы предложил следующую конструкцию, представленную на рисунке 2. Как видно, перегонный куб является разборным. В нижнюю часть, имеющую двойное дно (для уменьшения теплопроводности и, как следствие, снижения утечки тепла) наливается вода. Поскольку она солнечные лучи поглощает не очень эффективно, то внутренняя сторона нижней части куба должна иметь чёрный цвет, чтобы нагреваясь под действием света, передавать тепло воде. Сами световые лучи, собранные и сконцентрированные зеркалами, подаются в куб через верхнее отверстие верхней части перегонного куба, внутренняя поверхность которой должна быть зеркальной (или хотя бы

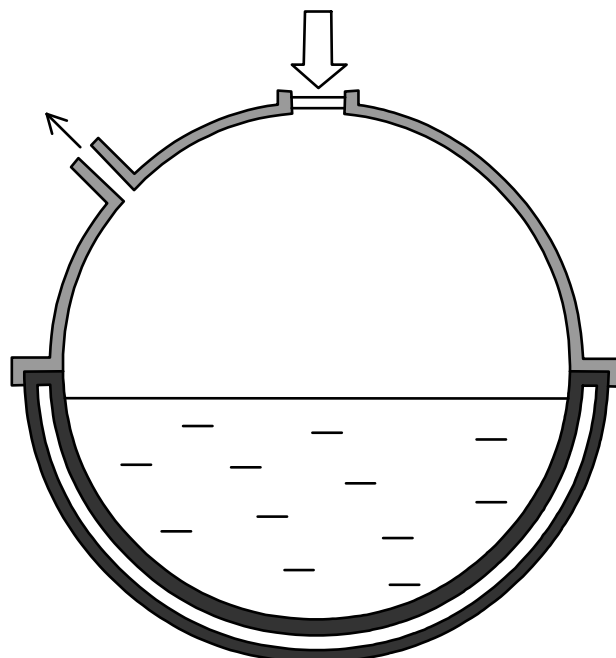
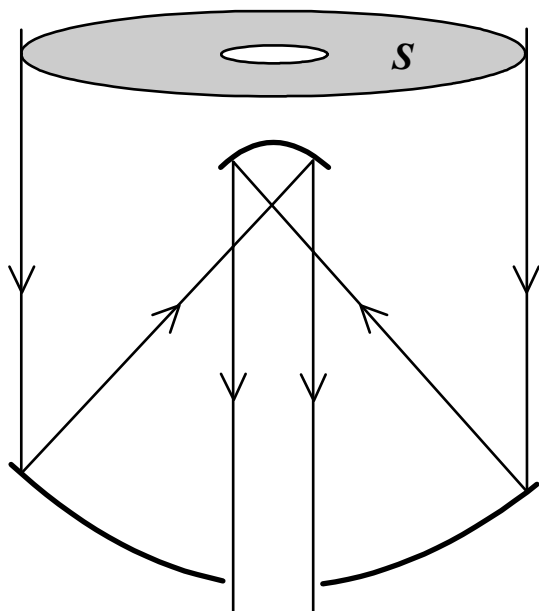


Рис. 1. Фокусирующая система из двух параболических зеркал Рис. 2. Перегонный куб

белой). Пары воды отводятся через боковое отверстие верхней части куба. Далее водяной пар можно сконденсировать при помощи обычного водяного холодильника.

Попробуем теперь получить конкретные цифры. Пусть наша установка собирает энергию солнечного света, падающего параллельно оси вращения большого параболического зеркала. Пусть $S = 1 \text{ м}^2$, $t_n = 20^\circ \text{ С}$, следовательно, производительность такой установки составит величину, равную

$$P = \frac{1360 \text{ Вт/м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2}{4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ \text{С)} \cdot (100^\circ \text{С} - 20^\circ \text{С}) + 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} =$$

$$= 5,24 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с} = 1,89 \text{ кг/час}$$

Результат вроде бы не так уж и плох. Однако не стоит спешить радоваться: использованное значение солнечной постоянной W относится к случаю, когда отсутствует рассеивание и поглощение света атмосферой, то есть эта величина пригодна для расчёта энергии, получаемой в виде света, например, на орбите искусственного спутника Земли. Если же учитывать влияние воздушной оболочки нашей планеты, то W становится не такой уж и константой, уменьшаясь до $800\text{--}900 \text{ Вт/м}^2$ [3, с. 237]. Одно только это приводит к тому, что производительность P предполагаемой установки не будет превышать $1,25 \text{ кг/час}$. Ну а если ещё учесть разные потери (например, утечку тепла из перегонного куба), то итоговая производительность окажется ещё меньше.

С другой стороны, на Земле много мест, находящихся на морском побережье, где отсутствуют источники пресной воды, и где от восхода до заката сохраняется ясная погода, причём Солнце находится над горизонтом более 8 часов. И как бы наивно это ни звучало, но будь реализована на практике установка, подобная рассмотренной здесь, она бы могла давать в день около 8 литров воды, очищенной от морской соли – для кого-то это совсем немало.

Литература:

- [1]. Буховцев Б.Б., Климонтович Ю.Л., Мякишев Г.Я. Физика. Учебник для 9 класса. – 12-е изд. – М.: Просвещение, 1982. – 272 с.
- [2]. Бялко А.В. Наша планета – Земля. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 208 с. (Библиотечка "Квант". Вып. 29)
- [3]. Общий курс астрономии: Учебное пособие / Под ред. В.В. Иванова. Изд. 2-е, испр., М.: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с.

© Широков Александр, 09.10.2010