سیستم آب شیرین کن خورشیدی

دکتر عبدالرزاق کعبی نژادیان

اهمیت آب نه تنها در زندگی بشر و تمام موجودات زنده محسوس است، بلکه در زندگی روزمره، کشاورزی وصنایع نیز نمی‌توان از آن چشم پوشی کرد. قسمت اعظم منابع آب موجود در کره زمین را آب دریا تشکیل می‌دهد. اما بشر تمام آب شیرین (با غلظت نمک کمتر از ppm ۵۰۰) مورد نیاز خود را از منابعی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، آب‌های زیرزمینی و آب باران تأمین می‌کند.

با توجه به افزایش جمعیت کره زمین، تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ، بالا رفتن سطح زندگی، توسعه صنایع و... آلودگی رودخانه و دریاچه‌ها رو به افزایش بوده و کمبود آب نیز در شهرهای بزرگ و مناطق پر جمعیت مشاهده شده است.

از طرفی آب آشامیدنی و مصرفی مورد نیاز زندگی در مناطق دور از آب، به خصوص در صحرا و بیابان کشورهای خاورمیانه و روستاهای کشورهای در حال توسعه مشکل بسیار بزرگی است.

تأمین آب آشامیدنی که غلظت نمک و مواد مضر سلامتی و بهداشت آن کم باشد، موضوع بسیار مهمی بوده و در این قرن مسأله منابع تأمین آب که در ارتباط مستقیم با زندگی روزمره است، مساله مهمی را ایجاد می‌کند.

در ارتباط با این مشکل، پیشرفت علوم و فن‌آوری در ایجاد تأسیسات سد و انواع روش‌های احیای مجدد آب مصرفی آلوده شده را می‌توان نام برد. به همین منظور شیرین کردن آب دریا و آب شور (آب‌های زیر زمینی حاوی نمک) را نمی‌توان نادیده گرفت.

در حال حاضر انجام پروژه‌های بزرگ تأمین آب شیرین‌کن از آب دریا با انرژی نفت و به وسیله برق امکان‌پذیر بوده و سیستم آب شیرین‌کن به روش تصفیه با مصرف انرژی خورشیدی نیز از نظر فن‌آوری و اقتصادی بودن آن قابل توجه است.

اصول روش تصفیه آب به وسیله انرژی خورشیدی

اصول عملکرد سیستم‌های آب شیرین کن خورشیدی بر پایه دستگاه تصفیه آب خورشیدی (Solor Still) است. اصول کار دستگاه تصفیه آب خورشیدی ساده بوده و سرپوش پلاستیکی با شیشه در سطح فوقانی دستگاه نقش عمده و کلیدی را در عملکرد سیستم ایفا می‌کند. با توجه به عبور اشعه خورشید، آب دریا یا آب شور داخل آن گرم و درجه حرارت بالا می‌رود، سپس بخار آب ایجاد می‌شود و ترکیبات بخار آب پس از برخورد به سطح داخلی سرپوش که درجه حرارت آن تا حدی پایین است، شروع به تقطیر می‌کند که با جمع‌آوری این آب مقطر، آب شیرین به دست می‌آید. گرچه تصفیه آب به روش صنایع شیمیایی معمول است اما با مصرف انرژی خورشیدی نیز که روش ساده‌تری است این کار امکان‌پذیر است. تغییر فاز تبخیر به تقطیر، پدیده انتقال ماده و حرارت بخار آب، پایه اصلی علم حرارتی این سیستم را تشکیل می‌دهد که در خصوص دستگاه مزبور اصول انتقال حرارت شامل این موارد است:

الف – انرژی ورودی به دستگاه تصفیه آب شامل:

۱- انرژی اشعه خورشید
۲- انرژی اشعه محیط

ب – انرژی خروجی از دستگاه تصفیه آب شامل:

۱- انتقال حرارت جابه جایی به محیط
۲- انعکاس اشعه به محیط
۳- انتقال حرارت تشعشعی به محیط
۴- انتقال حرارت هدایتی به زمین محل نصب دستگاه تصفیه
۵- انتقال حرارت جابه جایی و هدایتی در داخل اجزای دستگاه تصفیه
۶- اتلاف حرارت از طریق نشت بخار آب به خارج از دستگاه تصفیه
۷- اتلاف حرارت از طریق نشت آب دریا یا آب شور
۸- حرارت محسوس آب مقطر

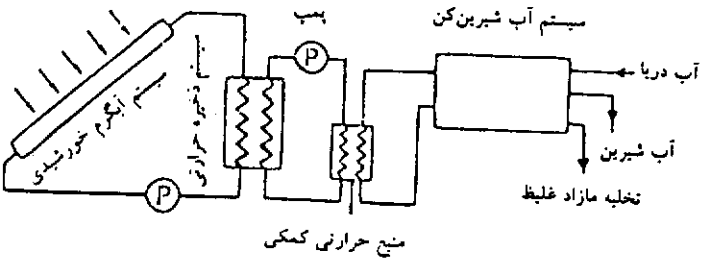
انواع سیستم آب شیرین‌کن با دستگاه تصفیه آب خورشیدی

سیستم آب شیرین‌کن با دستگاه تصفیه آب خورشیدی از نظر ساختمان به دو روش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. در روش مستقیم فقط از انرژی حرارتی خورشیدی استفاده می‌شود در حالی که در روش غیرمستقیم از انرژی برق وانرژی حرارتی خورشید به عنوان انرژی کمکی استفاده می‌شود. به طور مثال در روش غیرمستقیم که در شکل (۱) نشان شده است، در بین دو سیستم مستقل سیستم آب گرم کن خورشیدی و سیستم آب شیرین کن از سیستم منبع ذخیره حرارتی و مبدل حرارتی استفاده شده است. در شرایط حاضر در پروژه‌های بزرگ آب شیرین کن آب دریا با توجه به دو نقطه بازده انرژی و ظرفیت تولید زیاد آب، روش استفاده از انرژی خورشیدی به طریق غیر مستقیم شدیداً محسوس شده است. برای شیرین کردن آب دریا با دستگاه‌های آب شیرین‌کن طرح‌های مختلفی وجود دارد که روش‌های تبخیر، غشایی و انجماد معمول‌تر از همه هستند.

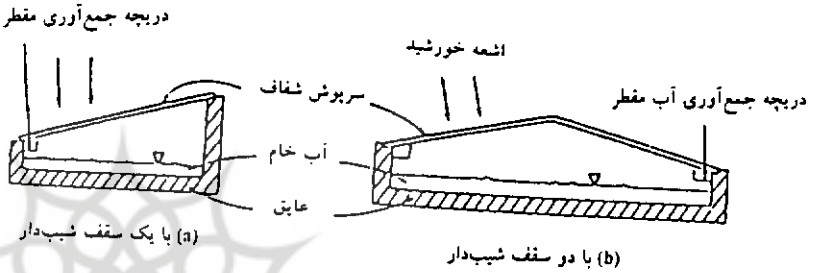
در اینجا از جزییات این روش‌ها بحث نمی‌شود، اما یادآور می‌شود در روش انجماد، آب دریا را به صورت یخ منجمد کرده و پس از آن یخ را ذوب می‌کنند که به این ترتیب آب شیرین تولید می‌شود. البته این روش هنوز عملی نشده است.

روش تبخیر که معمول‌تر از همه و ۷۰ درصد سایر سیستم‌ها را تشکیل می‌دهد خود به روش‌های مختلفی از قبیل روش Flash یک مرحله، روش Flash چند مرحله، روش تبخیر موثر مضاعف و... تقسیم می‌شود. اصول کار روش تبخیر مانند روش تصفیه به وسیله انرژی خورشیدی بوده و در میان آنها روش Flash چند مرحله بیش از همه مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش غشایی خود به روش‌های Reverse

شکل ۱
ساختمان آب شیرین کن به روش غیرمستقیم



شکل ۲
ساختمان دستگاه تصفیه آب خورشیدی مدل حوض Basin



شکل ۳
نمونه‌هایی از دستگاه تصفیه آب خورشیدی مدل حوض Basin

(a) طرح حاصل از آزمایشگاه BATTEL و شخص LöF

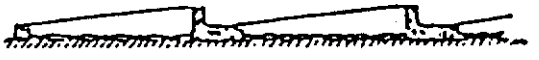
(e) طرح حاصل از CSIRO

(b) ساختمان با سرپوش پلاستیک و فشار هوا

(f) ساختمان با سرپوش شیشه باد و منبع ذخیره

(c) ساختمان با سرپوش پلاستیک نوع V شکل

(g) ساختمان با سرپوش شیشه با یک منبع ذخیره



(d) ساختمان با سرپوش پلاستیک اصلاح و بهبود یافته

شکل ۳ـ نمونه‌هایی از دستگاه تصفیه آب خورشیدی مدل حوض Basin

Electrodialysis Penetration, و ترکیبی از این دو روش تقسیم می‌شود.

دستگاه تصفیه آب مدل حوض BASIN

در شکل (۲) ساختمان دستگاه تصفیه آب مدل حوض Basin با یک سقف و نیز با دو سقف شیب دار نشان داده شده است. بدنه دستگاه تصفیه آب با عایق پوشانده شده و در سقف آن از شیشه یا پلاستیک شفاف استفاده شده است. از طرفی آب خام با عمق کم به داخل دستگاه وارد و آب شیرین حاصل از تقطیر را در دریچه واقع در انتهای لبه پایین سقف جمع‌آوری می‌کنند.

مدل ساده‌تری به نام مدل زمین ground نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن تنها کف سیستم عایق بوده و مستقیماً به زمین نصب شده است. همچنین به منظور بهره‌گیری حداکثر از انرژی حرارتی در قسمت کف محل آب خام از رنگ مشکی استفاده می‌کنند. در شکل (۳) نمونه‌هایی از پیشرفته‌ترین ساختمان دستگاه آب تصفیه مدل حوض Basin نشان داده شده است.

در شکل (a) دستگاه تصفیه آب شامل سرپوش شیشه نشان داده شده است. این دستگاه در آزمایشگاه BATTEL در امریکا زیر نظر

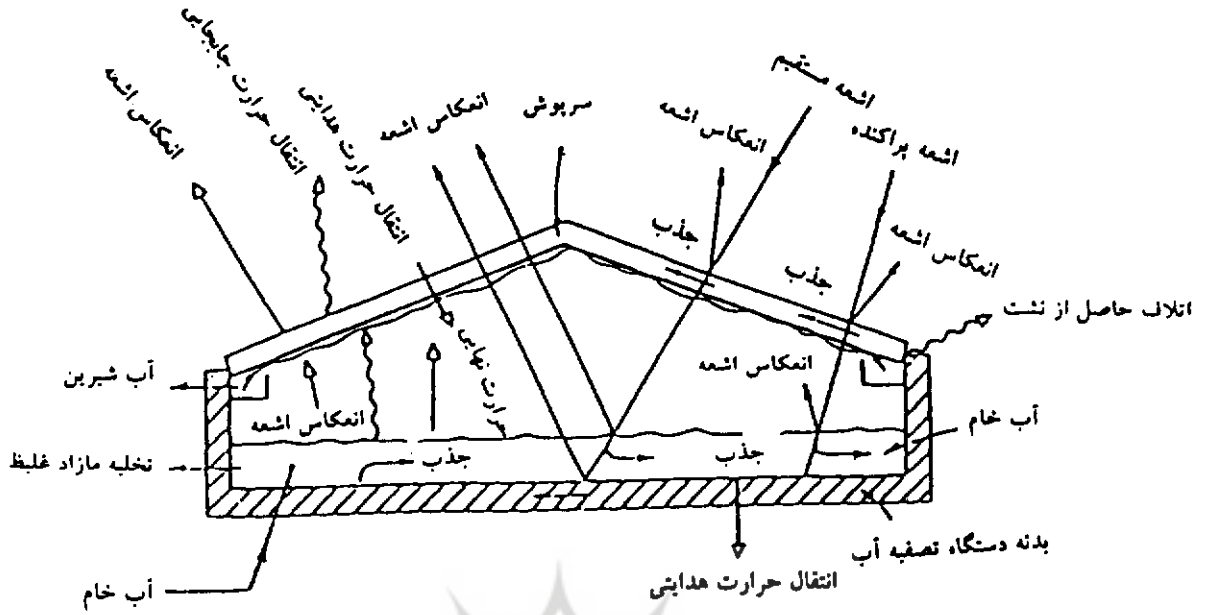
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نام کشور	محل نصب	ساختمان	سال نصب	سطح دستگاه تصفیه آب به متر مربع	آب خام	جنس سرپوش	ملاحظات
استرالیا	Muresk I	e	۱۹۶۳	۳۷۲	آب شور	شیشه	در حال نصب مجدد
	Muresk II		۱۹۶۶	۳۷۲	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Coobers Pedy		۱۹۶۶	۳۱۶۰	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Caiguma		۱۹۶۶	۳۷۲	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Hamelin Pool		۱۹۶۶	۵۵۷	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Griffith		۱۹۶۷	۴۱۳	آب شور	شیشه	در حال انتقال
جمهوری کاپه ورده (CAPE VERDE)	Santa Maria	c	۱۹۶۵	۷۴۳	آب دریا	پلاستیک	از بین رفته است
	Santa Maria		۱۹۶۸				
شیلی	Las Salinas	e	۱۸۷۲	۴۴۶۰	آب شور	شیشه	از بین رفته است
	Quillagua		۱۹۶۸	۱۰۰	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
یونان	Symi I	d	۱۹۶۴	۲۶۸۶	آب دریا	پلاستیک	در حال نصب مجدد
	Symi II	d	۱۹۶۸	۲۶۰۰	آب دریا	پلاستیک	از بین رفته است
	Aegina I	c	۱۹۶۵	۱۴۹۰	آب دریا	پلاستیک	در حال نصب مجدد
	Agina II	d	۱۹۶۸	۱۴۸۶	آب دریا	پلاستیک	از بین رفته است
	Salamis	c	۱۹۶۵	۳۸۸	آب دریا	پلاستیک	از بین رفته است
	Patmos		۱۹۶۷	۸۶۰۰	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Kimolos		۱۹۶۸	۲۵۰۸	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Nisyros	f	۱۹۶۹	۲۰۰۵	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Fiskardo		۱۹۷۱	۲۲۰۰	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Kionion		۱۹۷۱	۲۴۰۰	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Megisti		۱۹۷۳	۲۵۲۸	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
هندوستان	Bhavnagar	e	۱۹۶۵	۳۷۷	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Awania	e	۱۹۷۸	۱۸۶۶	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Bitra	c	۱۹۸۰	—	آب شور	شیشه	در حال انتقال (با ظرفیت ۲۰۰۰ لیتر در روز)
	Kulmis	c	۱۹۸۰	—	آب شور	شیشه	در حال انتقال (با ظرفیت ۳۰۰۰ لیتر در روز)
جزایر غرب هندوستان	PotitSt.Vincant	b	۱۹۶۷	۱۷۱۰	آب دریا	پلاستیک	در حال انتقال
	Haiti	d	۱۹۶۹	۲۲۳	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
مکزیک	Natividad Island	d	۱۹۶۹	۹۵	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
پاکستان	Gadwar I	f	۱۹۶۹	۳۰۶	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Gadwar II	g	۱۹۷۲	۹۰۷۲	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
اسپانیا	Las marinas	a	۱۹۶۶	۸۶۸	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
تونس	Chakmou	d	۱۹۶۷	۴۴۰	آب شور	شیشه	در حال انتقال
	Mahdia		۱۹۶۸	۱۳۰۰	آب شور	شیشه	در حال انتقال
کشور امریکا	Daytona Beach	a	۱۹۵۹	۲۲۸	آب دریا	شیشه	در حال نصب مجدد
	Daytona Beach	a	۱۹۶۱	۲۴۶	آب دریا	شیشه	بی مصرف شده
	Daytona Beach	b	۱۹۶۱	۲۱۶	آب دریا	پلاستیک	بی مصرف شده
	Daytona Beach	b	۱۹۶۳	۱۴۸	آب دریا	پلاستیک	بی مصرف شده
روسیه	Bakhardan	e	۱۹۶۹	۶۰۰	آب شور	شیشه	در حال انتقال
چین	Wuzhi	c	۱۹۷۶	۳۸۵	آب دریا	شیشه	در حال انتقال
	Zhungjian		۱۹۷۹	۵۰	آب دریا	شیشه	در حال انتقال

* حروف ذکر شده b تا e در داخل جدول به مفهوم ذکر شده در شکل (۳) است.
Parts Per million = ppm (برای نسبت غلظت استفاده می‌شود، $1ppm=10^{-6}$)

شکل ۴

جریان انرژی حرارتی برای دستگاه تصفیه آب خورشیدی مدل حوض BASIN



شخصی به نام LOF در سازمان آب کشور امریکا در محل Daytona Beach نصب شده است. در شکل‌های (b) تا (d) دستگاه تصفیه شده آب شامل سرپوش پلاستیکی که به وسیله Delyannis در یونان نصب شده ارایه شده است. ضمناً برای بهبود و اصلاح، این سیستم‌ها به تدریج تغییر شکل داده و در استفاده دراز مدت به دلیل نداشتن مقاومت کافی در مقابل محیط (از قبیل باران، باد، نور و...) Delyannis اقدام به تولید شکل (f) کرد که شامل دو منبع ذخیره با سرپوش شیشه است. از طرفی دیگر Delyannis شکل (g) را نیز با سرپوش شیشه طراحی و در منطقه Gwadar کشور پاکستان نصب کرد: شکل (e) نیز به وسیله CSIRO کشور استرالیا طراحی شده است.

انتقال ماده حرارت در دستگاه تصفیه آب مدل حوض BASIN

تجزیه و تحلیل انتقال ماده و حرارت در داخل و خارج دستگاه تصفیه آب مدل حوض Basin در بالا بردن بهره طرح سیستم آب شیرین‌کن موثر و مهم است. در شکل (۴) شماتیک جریان حرارتی نشان داده شده است. این سیستم با وجود سادگی، جریان حرارتی پیچیده‌ای دارد. برای این منظور در مورد تعادل انرژی حرارتی، تحقیقات و گزارش‌های زیادی اعلام شده که تئوری پایه آن به هر صورت شکل گرفته است. تعادل انرژی حرارتی را می‌توان به وسیله ۳ معادله نشان داد:

برای آب خام

$$\tau_g \cdot a_w \cdot q_s = q_{eff} = q_{cw}+q_{ew}+q_{rw}+q_b+q_w$$

برای سرپوش دستگاه

$$q_{cw}+q_{cw}+q_{rw}+a_g \cdot q_s = q_{eg}+q_{rg}+q_g$$

بر طبق این معادله، تعادل انرژی برای کل دستگاه تصفیه آب به این صورت نوشته می‌شود:

$$(\tau_g \cdot a_w+a_g) \cdot q_s+q_{eg}+q_{rg}+q_g+q_b+q_w$$

در نتیجه مقدار آب شیرین تولید شده m (Kg/m².h) کیلوگرم در واحد ساعت در واحد سطح به وسیله دستگاه تصفیه آب از این رابطه به دست می‌آید:

$$m=q_e \cdot \gamma$$

در این رابطه داریم:

q_s = مقدار حرارت حاصل از اشعه خورشید بر روی سرپوش دستگاه

τ_e = ضریب انتقال حرارت سرپوش

a_g = ضریب جذب سرپوش

a_w = ضریب جذب آب خام

q_{cw} = مقدار حرارت حاصل از جابه جایی از طرف آب خام به سطح سرپوش

q_{ew} = مقدار حرارت حاصل از تبخیر از طرف آب خام به سطح سرپوش

q_{rw} = مقدار حرارت حاصل از تشعشع از طرف آب خام به سطح سرپوش

q_b = مقدار اتلاف حرارت هدایتی از کف و دیواره‌های دستگاه تصفیه آب

q_w = مقدار حرارت ذخیره در آب خام و دستگاه تصفیه آب

q_g = مقدار حرارت ذخیره در سرپوش دستگاه

q_{eg} = مقدار حرارت حاصل از جابه جایی بین سطح خارجی سرپوش و محیط خارج

q_{rg} = مقدار حرارت حاصل از تشعشع بین سطح خارجی سرپوش و محیط خارج

γ = مقدار حرارت نهایی در درجه حرارت تبخیر

قدرت دستگاه تصفیه آب مدل حوض BASIN

ضرایب زیادی از قبیل شکل دستگاه، ساختمان، مقدار اشعه خورشید، درجه حرارت محیط، سرعت باد، عمق آب خام، نوع مواد و زاویه‌شیب سرپوش، ضخامت و... بر روی قدرت دستگاه تصفیه آب اثر مستقیم دارند. مقدار تولید آب شیرین به وسیله یک واحد کوچک آزمایشی در حدود ۴ تا ۵ (kg/m2.d) کیلوگرم آب دریا در یک روز در یک متر مربع را می‌توان به صورت نمونه ذکر کرد.برای اطلاع بیشتر، طرح‌های بزرگ آب شیرین از طریق دستگاه تصفیه آب به وسیله خورشید با نام محل نصب و قدرت آنها در جدول (۱) نشان داده شده است.

مأخذ: مجله صنعت برق

آذر ۱۳۸۰

■