

■ انرژی خورشیدی در ایران؛ الگوسازی از هم‌اکنون، برای فردا

دکتر مهدی بهادری نژاد

اشاره

در حال حاضر، بیش از ۸۱ درصد کل انرژی مصرفی جهان و بیش از ۹۵ درصد انرژی مصرفی در ایران را سوخت فسیلی تأمین می‌کند. مصرف این نوع از سوختها باعث تولید گازهای سمی و آلوده کننده هوا، بارش بارانهای اسیدی و در نتیجه آلودگی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبهای زیرزمینی و بالاخره بالا رفتن میزان گاز کربنیک موجود در اتمسفر زمین شده است. ادامه روند مصرف سوختهای فسیلی، علاوه بر تشدید آلودگیهای هوا، آب و زمین، افزایش دمای کره زمین را نیز به خاطر ازدیاد میزان گاز کربنیک در اتمسفر، به دنبال خواهد داشت. این ازدیاد دما که در روند نزولات جوی اثر می‌گذارد، باعث تشدید و تاووب طوفانها و سیلها، انبساط آب دریاها و اقیانوسها و بالا آمدن سطح آب آنها خواهد شد.

در مقاله‌ای که پیش روی دارید، نویسنده پیشنهاد کرده که برای کاهش آلودگیهای مختلف ناشی از مصرف سوختهای فسیلی و استفاده بهینه از نفت و گاز کشور در زمینه‌های صنعتی، لازم است به انرژی خورشیدی که منبعی لایزال و سازگار با محیط زیست است، توجه بیشتری شود. زیرا دریافتی انرژی خورشیدی در ایران بسیار بالا و تکنولوژی استفاده از آن نیز نسبتاً ساده است؛ به طوری که می‌توان کلیه نیازهای انرژی کشور را با استفاده از آفتاب و کارشناسان و پژوهشگران داخلی تأمین کرد. بعلاوه، می‌توان با استفاده از انرژی خورشیدی دریافتی، هیدروژن تولید کرد و آن را در آینده به جای نفت و گاز صادر نمود.

نکته مهمتر اینکه باید پذیریم منابع نفتی کشور پایان پذیرند و «فردای بدون نفت» بالاخره روزی خواهد رسید. دانش و تجربه امروزی حکم می‌کند که چاره آنروز را با ارائه طرح و برنامه‌هایی از هم‌اکنون پیش‌بینی نماییم.

نویسنده مقاله به منظور صرفه‌جویی هرچه بیشتر در مصارف انرژی در کشور و برای استفاده هرچه مؤثرتر از انرژی خورشیدی، پیشنهاداتی نموده و نتیجه گرفته است که اثر اقتصادی صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده از انرژی خورشیدی، کم کردن سوبسیدهای پرداختی دولت در زمینه انرژی است. همچنین تولید کار و هیدروژن تولید شده از آفتاب و صدور تکنولوژی استفاده از انرژی خورشیدی به کشورهای جهان سوم از دیگر نتایج استفاده از انرژی خورشیدی دانسته شده است.

اکساجول گاز طبیعی، ۰/۲۱ اکساجول برق و بقیه، سوخت‌های جامد بوده است. در همین سال، ارزش انرژی صادرات نفت خام و فرآورده‌های نفتی (معادل ۹۴۰/۴ میلیون بشکه نفت خام) و گاز طبیعی (معادل ۱۳/۱ میلیون بشکه نفت خام) یا در مجموع معادل ۶/۶۷۴ اکساجول و کل مصرف و صادرات انرژی ایران در این سال، برابر با ۹/۴۱۹ اکساجول بوده است

آثار ویرانگر مصرف سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست

همان‌طور که در بالا اشاره کردیم، سوخت‌های فسیلی بیش از ۹۵ درصد انرژی مورد نیاز را در ایران و بیش از ۸۱ درصد انرژی مصرفی دنیا را تأمین می‌کنند. سوزاندن این هیدروکربورها باعث تولید بخار آب، گاز کربنیک (CO₂) و گازهای سمی نظیر CO₂، SO₂ و اکسیدهای ازت (NOx) می‌شود که همه آنها، غیر از بخار آب، روی محیط زیست در سطح ملی، منطقه‌ای و جهانی اثر تخریبی دارند.

در سطح محلی بیشترین اثر تخریبی محیط زیست به صورت آلودگی هوا بروز می‌کند که هوای تهران (با داشتن مقام اول یا دوم در دنیا از نظر آلودگی) بهترین نمونه آن است. آلودگی هوا که هر روز (به‌ویژه در روزهای زمستانی) مردم تهران آثار آن را حس می‌کنند، باعث سردرد، افسردگی، پایین آمدن کارایی، سوزش چشم، تنگی

مصرف انرژی جهان در سال ۱۳۶۷ بالغ بر ۱۳۳۸ اکساجول (میلیارد - میلیارد یا ۱۰^{۱۸} جول) بوده که ۸۱/۱ درصد آن از سوخت‌های فسیلی نظیر نفت و گاز و زغال‌سنگ تأمین شده است. بقیه انرژی مورد نیاز به وسیله نیروگاه‌های آبی (۶/۸ درصد)، نیروگاه‌های اتمی (۵/۶ درصد) و چوب و زواید کشاورزی (۶/۵ درصد) تأمین شده است^(۱).

کل عرضه انرژی اولیه در ایران در سال ۱۳۶۷ معادل ۴۰۵ میلیون بشکه نفت خام یا (با در نظر گرفتن ارزش حرارتی معادل ۷ میلیارد جول برای هر بشکه نفت خام) ۲/۸۳۵ اکساجول بوده است. این مقدار حدود ۰/۸۴ درصد مصرف جهانی است و با توجه به این که جمعیت ایران حدود یک درصد جمعیت جهان است، مصرف سرانه انرژی در ایران اندکی زیر سطح متوسط جهانی قرار دارد^(۲).

مصرف نهایی انرژی در این سال در کشور معادل ۳۳۴/۲ میلیون بشکه نفت خام یا ۲/۳۴ اکساجول بوده است که ۹۶/۶ درصد آن به طور عمده به وسیله نفت و گاز و بقیه ۳/۴ درصد به وسیله نیروگاه‌های آبی تأمین شده است.

در سال ۱۳۶۹، کل عرضه انرژی اولیه کشور معادل ۵۰۲/۴ میلیون بشکه نفت خام یا ۳/۵۱۵ اکساجول و مصرف نهایی انرژی برابر با ۲/۷۴۵ اکساجول بوده که شامل ۲/۰۱ اکساجول فرآورده‌های نفتی، ۰/۴۷۸

نفس و بیماریهای دستگاه تنفسی، سرطان، سکنه و غیره می‌شود. گازهای سمی موجود در هوا با نزولات جوی ترکیب می‌شوند و بارانهای اسیدی را به وجود می‌آورند که باعث آلودگی آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبهای زیرزمینی و... می‌شود و اثر تخریبی خود را در سطح منطقه نشان می‌دهد. بارانهای اسیدی به کشاورزی، ساختمانها و تأسیسات صنعتی نیز صدمه وارد می‌کند.

در سطح جهانی، بالا رفتن میزان گاز کربنیک نقش بسیار بزرگی در بالا بردن دمای کره زمین بازی می‌کند. نور خورشید که از اتمسفر زمین عبور می‌کند، به مقدار زیاد جذب سطح زمین می‌شود و زمین را گرم می‌کند. سطح زمین در دمایی که دارد، تشعشع حرارتی می‌نماید که قسمتی از آن می‌تواند از اتمسفر زمین عبور کند و به فضا برود. با در نظر گرفتن دریافت و جذب نور خورشید و دفع حرارت از راه تشعشع حرارتی، زمین درجه حرارت متوسطی را به خود می‌گیرد که البته تابع فصلهای سال و ساعت‌های شبانه روز است.

تشعشع خورشید که در طول موج‌های کوتاه است، می‌تواند براحتی از اتمسفر زمین عبور کند و خیلی کم به وسیله گاز کربنیک موجود در اتمسفر پراکنده یا جذب شود ولی تشعشع حرارتی سطح زمین که در طول موج‌های بلند است، به مقدار چشمگیری جذب مولکولهای CO₂ می‌شود و به جای عبور از اتمسفر و رفتن به فضا، باعث گرم شدن اتمسفر زمین می‌گردد. هرچه تعداد مولکولهای این گاز

در اتمسفر زمین بیشتر باشد، میزان جذب تشعشع حرارتی آن که از سطح زمین دریافت شده است، بیشتر خواهد بود. این موضوع به بالا رفتن دمای زمین کمک می‌کند.

هزاران سال قبل از انقلاب صنعتی، میزان گاز کربنیک موجود در اتمسفر زمین ثابت و حدود ۳۰۰ ppm (جزء در میلیون) بوده است. در ۹۰ سال گذشته که مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید CO₂ بسیار افزایش یافته است و از طرفی مقدار زیادی از درختان جنگلی که می‌توانستند آن را جذب کنند، قطع شده‌اند، میزان گاز کربنیک در هوا خیلی سریع بالا رفته و در سال ۱۳۷۱ به ۳۵۵ ppm رسیده است. در ۹۰ سال گذشته مصرف انرژی در دنیا ۳۰ برابر افزایش یافته و در ۵۰ سال گذشته مصرف سوخت‌های فسیلی ۵ برابر شده است. چنانچه روند کنونی مصرف سوخت‌های فسیلی ادامه یابد، دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که میزان CO₂ موجود در اتمسفر زمین تا ۵۰ سال دیگر به ۶۰۰ ppm برسد (۳). با این مقدار گاز کربنیک، کره زمین گرمتر می‌شود و در اثر این ازدیاد دما، تغییرات چشمگیری در شرایط اقلیمی زمین به وجود خواهد آمد. می‌توان تغییرات ویرانگر زیر را به عنوان اثرات گرم شدن کره زمین ذکر کرد:

- ۱- تغییر روند نزولات جوی در سطح کره زمین
- ۲- تغییر چشمگیر در مسیر رودخانه‌ها و میزان آب آنها که اثرات ویرانگر روی

ویرانگر مصرف سوخت‌های فسیلی را بر محیط زیست نشان می‌دهد. جمهوری اسلامی ایران می‌تواند هیچ کاری انجام ندهد و بگذارد مصرف بی‌رویه نفت و گاز در کشور مانند گذشته ادامه یابد و ضررهای اجتماعی، اقتصادی ناشی از آلودگی‌های حاصل را بپردازد، یا این که تصمیمات حیاتی در از بین بردن آلودگی‌ها، جایگزین کردن انرژی‌های تمیز و تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی اتخاذ کند. دولت ایران می‌تواند اجازه دهد نفت و گاز بهبوده سوزانده شوند و پایان یابند یا این که از هم‌اکنون به فکر یافتن جایگزین برای این منابع باشد و برنامه‌ریزی‌های لازم را تدوین کند تا بتواند در آینده همچنان صادرکننده انرژی باقی بماند و از نفت و گاز خود در صنایع مختلف استفاده نماید. دولت و ملت ایران (از طریق نمایندگان خود در مجلس شورای اسلامی) بر سر دوراهی اتخاذ تصمیمی بسیار حیاتی در زمینه انرژی قرار دارند. این تصمیم چه خواهد بود؟ ایران در سال ۱۴۰۰ خود را از نظر تأمین انرژی‌های مورد نیاز، صادرات انرژی، تکنولوژی توسعه و مصرف انرژی در کجا می‌بیند؟ چه باید کرد تا زمانی که ملت ما جشنهای هزار و چهارصدمین سال هجرت را برگزار می‌کند. علاوه بر برخورداری از هوا، آب و زمین و محیط زیست تمیز و سالم بتواند هنوز صادرکننده انرژی باشد، ولی نه انرژی آلوده‌کننده نظیر سوخت‌های فسیلی بلکه

کشاورزی، جنگلداری، صنایع و آبرسانی شهرها و... خواهد داشت.

۳- انبساط آب اقیانوسها و ذوب شدن یخهای قطبی که در اثر گرم شدن اتمسفر زمین پیش خواهد آمد، باعث می‌شود که سطح آب اقیانوسها، دریاها و دریاچه‌ها بالا بیاید و مقدار زیادی از زمینهای شهری، کشاورزی و صنعتی را آب فراگیرد. علاوه بر ضررهای عظیم اقتصادی، این موضوع باعث آوارگی و بی‌خانمانی تعداد زیادی از مردم روی زمین می‌شود که احتمالاً کشمکشهای سیاسی و نظامی را نیز در پی خواهد داشت.

۴- تناوب و شدت طوفانها و بادهای زیاد می‌شود که خود آثار ویرانگر فراوانی بر زندگی و آسایش انسانها و اقتصاد جامعه خواهد گذاشت.

۵- خانواده‌های مختلف حیوانات و گیاهان زمینی و دریایی در اثر تغییر دمای زمین و از دست دادن مسکن خود از بین خواهند رفت.

به طور خلاصه، بالا رفتن دمای کره زمین فاجعه‌هایی خواهد آفرید که بشر نظیر آنها را به خود ندیده است و بمراتب وخیمتر از تمامی طوفانها، سیلها و زلزله‌هایی است که تاکنون به وقوع پیوسته‌اند.

چه باید کرد؟

بحث بالا به‌طور خیلی خلاصه آثار

گندم برای تأمین همین نیازها. نفت، این نعمت خدادادی را می‌توان برای تولید دارو، مواد پلاستیکی، کودهای شیمیایی و... به کار گرفت.

می‌توان با تدوین استانداردهای مصرف انرژی در ساختمانها، وسایل خانگی، لامپهای روشنایی، مبدل‌های صنعتی، وسایل نقلیه و غیره از مصرف انرژی در این قسمت‌ها به میزان چشمگیری کاست؛ مثلاً با طراحی مناسب ساختمانها و به کار بردن عایق‌های حرارتی و جلوگیری از نشت هوای سرد از درزهای پنجره‌ها انرژی لازم برای گرم و سرد کردن ساختمانها را دست کم به نصف رساند و با انتخاب موتورهای الکتریکی وسایل خانگی و لامپهای روشنایی با بازده بالا، مصرف انرژی الکتریکی ساختمانهای مسکونی و تجاری را دست کم به نصف میزان فعلی کاهش داد و بالاخره با تنظیم موتورهای وسایل نقلیه، مصرف سوخت آنها را لااقل به ۶۵ درصد میزان کنونی رساند. در صنایع و کشاورزی کشور نیز می‌توان با تدوین و اعمال استانداردها، در مصرف انرژی به مقدار چشمگیری صرفه جویی کرد.

جایگزینی انرژی خورشیدی به جای نفت و گاز

انرژی خورشیدی از تمیزترین انرژیهای غیرفسیلی است و استفاده از آن کمترین آلودگیها را در محیط زیست به وجود

چیزی مثل هیدروژن که با استفاده از انرژی خورشیدی تولید می‌شود و به محیط زیست کمترین آسیب ممکن را می‌رساند؟ پاسخ به این پرسش عبارت است از: صرفه جویی در مصرف انرژی، بالا بردن بازده دستگاهها و وسایل تبدیل انرژی، استفاده از انرژی خورشیدی در تأمین نیازهای انرژی کشور و بالاخره استفاده از انرژی خورشیدی در تولید هیدروژن و صدور آن به خارج. ذیلاً در این باره به طور مختصر مطالبی را بیان خواهیم کرد.

صرفه جویی در مصرف انرژی

در ایران، انرژی - شامل نفت، گاز و برق - با قیمت بسیار اندک و تقریباً به طور رایگان در اختیار مردم قرار دارد. این موضوع باعث شده که در مصرف انواع انرژی در کشور اسراف شود؛ در حالی که اسراف در مواد غذایی، منابع طبیعی و ... توسط دین مبین اسلام نهی شده است (ان‌المبذرين كانوا اخوان الشیاطین و كان الشیطان لربه كفورا^(۱)). سوزاندن نفت و گاز، این نعمتهای بسیار پرازش و محدود الهی، برای تولید آب گرم مصرفی (در دمای حدود ۴۵ درجه سانتیگراد)، تولید هوا یا آب گرم برای گرم کردن ساختمانها (در دمای ۵۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد) و پختن غذا (در دماهای حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد) اسراف بی‌س واضح است. سوزاندن سوخته‌های فسیلی برای کاربردهای یاد شده همان قدر اسراف و تبذیر (و در نتیجه ارتکاب گناه) است که سوزاندن

۱- (اسرافکاران با شیاطین برادرند و شیطان نسبت به پروردگارش ناسپاس بود. الاسراء آیه ۲۷).

می آورد. ایران یکی از کشورهای پرافتاب دنیا است و دریافتی انرژی خورشیدی در این کشور به طور متوسط برای یک صفحه افقی معادل ۶۵۷۰ مگا جول بر متر مربع در سال، برای صفحه‌ای که با شیب تقریبی ۳۰ درجه نسبت به جنوب نصب شده برابر با ۸۳۹۵ و برای صفحه‌ای که دائماً عمود بر اشعه خورشید نگاه داشته شود، برابر با ۱۰۲۲۰ مگا جول بر متر مربع در سال تخمین زده می شود^(۴). دریافتی کل انرژی خورشیدی کشور (با مساحت ۱/۶۴۸ میلیون کیلومتر مربع) حدود ۱۰۸۲۷ اکساجول در سال است. این دریافت انرژی بیش از هزار برابر کل مصرف و صادرات انرژی در سال ۱۳۶۹ می باشد. خلاصه این که کشور ایران از نظر دریافت انرژی خورشیدی بسیار غنی است و ارزش دارد جمهوری اسلامی ایران به این منبع فنا ناشدنی انرژی در آینده چه برای پس انداز منابع نفت و گاز (برای کاربردهای صنعتی آنها) و چه به جهت کاهش آلودگیهای محیط زیست توجه شایانی داشته باشد.

کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی در ایران

استفاده‌های انرژی خورشیدی را می توان به دو گروه: استفاده‌های مستقیم از نور خورشید و استفاده‌های غیرمستقیم تابش آفتاب، تقسیم کرد.

استفاده‌های مستقیم از نور خورشید عبارتند از:

- ۱- تأمین روشنایی طبیعی ساختمانها،
 - ۲- گرم کردن ساختمانها به طور طبیعی، با طراحی مناسب آنها،
 - ۳- تولید آب گرم مصرفی کلیه ساختمانها اعم از مسکونی و تجاری و غیره و برای فعالیتهای صنعتی و کشاورزی،
 - ۴- گرم کردن ساختمانها با استفاده از گیرنده‌های مسطح خورشیدی،
 - ۵- تولید سرما برای خنک کردن ساختمانها،
 - ۶- خشک کردن میوه، سبزی، ماهی و سایر مواد غذایی و کشاورزی،
 - ۷- نمک زدایی آب دریا و تولید آب شیرین،
 - ۸- پختن غذا،
 - ۹- تولید برق با استفاده از روش تبدیل مستقیم (فتوولتائیک)،
 - ۱۰- تولید برق با استفاده از روش تبدیل حرارتی،
 - ۱۱- تولید هیدروژن برای استفاده در صنایع، وسایل نقلیه زمینی و تولید برق در داخل کشور،
 - ۱۲- تولید هیدروژن برای صادرات و جایگزینی با نفت و گاز،
- استفاده‌های غیرمستقیم از تابش خورشید: که در روی زمین به طور طبیعی انجام می شود، منابع انرژی جدیدی را به وجود می آورند که از میان آنها می توان چوب (Biomass)، باد و آب (که با استفاده از توربینهای بادی و آبی می توان کار مکانیکی

و سقفهای گنبدی که توانسته‌اند در گذشته (و حال) در مناطق کویری برای ساکنان ساختمانها آسایش را تأمین نمایند و شاهکارهای مهندسی هستند، مورد استفاده قرار خواهند گرفت. کاربردهای ۳ تا ۸ یاد شده در بالا، همگی استفاده‌های حرارتی انرژی خورشیدی هستند که با طراحی گیرنده‌های خورشیدی مناسب می‌توان نیازهای مربوط را با استفاده از آفتاب تأمین کرد.

در کاربردهای ۹ و ۱۰ برای تولید برق می‌توان از فتوسل‌ها که نور خورشید را به طور مستقیم به برق تبدیل می‌کنند، استفاده نمود یا این‌که با تمرکز نور خورشید روی گیرنده‌هایی، بخار در دمای بالا تولید کرد و سپس از بخار داغ حاصل، در نیروگاههای حرارتی استفاده کرده و برق تولید نمود. نوع اول یا تبدیل مستقیم که دارای بازده حدود ۱۰ درصد است، بیشتر برای توانهای کم و نوع دوم یا تبدیل حرارتی بیشتر برای توانهای زیاد مناسب است. نیروگاههای حرارتی خورشیدی بازدهی حدود ۲۰ درصد دارند.

کاربردهای ۱۱ و ۱۲ انرژی خورشیدی که حاکی از تولید هیدروژن می‌باشند، کاملترین و مشکلترین (به لحاظ تکنولوژی) استفاده از آفتاب هستند و در زیر درباره آنها مفصلتر سخن خواهیم گفت.

تولید خورشیدی هیدروژن و صادرات انرژی در آینده

تناوبی بودن و در همه جا در دسترس

انجام داد یا برق تولید کرد) و زواید کشاورزی و حیوانی (که می‌توان از آنها در طرحی به نام بیوگاز Biogas، گاز متان تولید نمود) را ذکر کرد. علاوه بر اینها می‌توان از اختلاف دمای هوا در زمستان و تابستان (که خود به علت تابش خورشید و وجود فصلهای مختلف سال است) استفاده کرد و «سرمای زمستان» را برای خنک کردن ساختمانها در تابستان ذخیره نمود. (در این زمینه، می‌توان روش طبیعی و قدیمی تولید یخ در شبهای صاف زمستان و ذخیره آن در یخچالها و ذخیره آب خنک زمستان در آب‌انبارها برای مصرف در تابستان را ذکر کرد که از شاهکارهای مهندسی ایران به شمار می‌آید. (۵).

برای کامل شدن لیست استفاده‌های غیرمستقیم تابش خورشید، می‌توان اختلاف دمای آب اقیانوسها را در عمقهای مختلف آب ذکر کرد که با استفاده از این اختلاف دما و از راه تبدیل حرارتی می‌توان برق تولید نمود.

در کاربردهای ۱۳ و ۱۴ ذکر شده در بالا، می‌توان با طراحی مناسب ساختمان، انرژی لازم برای روشنایی و گرمایی ساختمانها را به کمترین حد رساند. همچنین می‌توان با طراحی مناسب ساختمانها و استفاده از اختلاف دمای شبانه روز هوا، وزش باد، کاشتن درخت و گیاهان در اطراف ساختمانها و غیره، انرژی لازم برای خنک کردن ساختمانها را در تابستان به کمترین حد رساند. در این زمینه، طرحهای طبیعی و قدیمی ایرانی نظیر وجود حیاطها، بادگیرها

ناچیز است. چنانچه تمام ۳۳۸ اکساجول انرژی مصرفی دنیا در سال ۱۳۶۷ به وسیله هیدروژن تأمین می‌شد، میزان بخار آب به دست آمده حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب در سال بود که $1/20000$ کل تبخیر آب از سطح اقیانوسها، دریاها و دریاچه‌ها و رودخانه‌ها است. ملاحظه می‌کنید که این مقدار بخار آب نقش مهمی در بالابردن رطوبت نسبی هوای زمین ندارد. تنها در مواقعی که مقدار زیادی از آن در منطقه نسبتاً کوچکی مصرف شود، بخار آب حاصل، باعث بالا رفتن رطوبت هوا در آن منطقه می‌گردد. این مسأله که نظیر مسأله تولید بخار آب در برج‌های خنک‌کن نیروگاههاست، حل شدنی است.

تولید اکسیدهای ازت تابعی از دما و مدت زمان احتراق است و می‌توان هنگام استفاده از آن در وسایل نقلیه زمینی، موتور این وسایل را طوری طراحی کرد که میزان اکسیدهای ازت به کمترین حد ممکن برسند.

ایمنی مصرف هیدروژن

هیدروژن نیز مانند هر نوع انرژی دیگر، خطرها و مسائل ایمنی منحصر به خود را داراست و در مقایسه با گاز طبیعی و سوخت‌های مایع، دارای عیب‌های زیر است:

- با نسبت‌های متفاوت هوا به سوخت قابل اشتعال است؛
- انرژی لازم برای اشتعال آن ۱۵ بار کمتر از

نبودن انرژی خورشیدی ایجاب می‌کند که این انرژی را به انرژی‌های دیگر تبدیل کنیم و آن را برای استفاده در مکان و زمان دیگر ذخیره نماییم. یک روش بسیار مطلوب این ذخیره‌سازی، تولید هیدروژن با استفاده از آفتاب است. با تبدیل مستقیم یا حرارتی انرژی خورشیدی به برق (که در بالا به آنها اشاره شد) و استفاده از انرژی الکتریکی حاصل، می‌توان آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه کرد. هیدروژن به دست آمده را می‌توان به صورت گاز فشرده یا مایع آن در داخل کشور مصرف کرد یا آن را صادر نمود. از هیدروژن می‌توان در صنایع (نظیر فولاد)، برای تولید برق با استفاده از سلول‌های شیمیایی (Fuel Cells)، در وسایل نقلیه زمینی، هواپیماها، پخت غذا و غیره استفاده کرد.

آلودگی ناشی از مصرف هیدروژن

نکته مهم در مصرف هیدروژن این است که چون سوختی بدون کربن است، سوزاندن آن CO_2 تولید نمی‌کند و احتراق آن گازهای سمی و آلوده‌کننده نظیر CO و SO_2 نیز به وجود نمی‌آورد. محصول احتراق هیدروژن در هوا بخار آب و احتمالاً اکسیدهای ازت است که به دمای احتراق بستگی دارد. بخار آب تولید شده آسیبی به محیط زیست نمی‌رساند؛ زیرا میزان تولید آن در مقایسه با آنچه که به طور طبیعی در اثر تبخیر آب دریاها و اقیانوسها تولید می‌شود،

گاز متان است؛

- قابلیت نشت هیدروژن مایع حدود ۵۰ برابر قابلیت نشت آب است؛

- سرعت پخش شعله هیدروژن حدود ۷ برابر شعله متان است و بنابراین، بسیار سریع می‌سوزد.

در مقایسه با سوخت‌های مایع و گاز طبیعی، هیدروژن دارای محاسن زیر است:

- ضریب نفوذ یا پراکندگی آن خیلی بالا و حدود ۴ برابر هواست؛ بنابراین، چنانچه از مخزن خود نشت کند، بسیار سریع و قبل از مشتعل شدن پراکنده می‌شود.

- شعله هیدروژن تقریباً نامرئی است؛ یعنی انرژی بسیار کمی را از راه تشعشع حرارتی ساطع می‌کند؛ بنابراین، در مواقع آتش‌سوزی، مأموران آتش‌نشانی می‌توانند برای خاموش کردن حریق بیشتر به آن نزدیک شوند.

بدون شک هیدروژن سوخت خطرناکی است ولی با به کارگرفتن معیارهای ایمنی مناسب، استفاده از آن خطرناکتر از سوخت‌های موجود نخواهد بود.

صادرات هیدروژن و جایگزین شدن آن به جای نفت و گاز در آینده

می‌توان با استفاده از مقدار نسبتاً کمی از انرژی خورشیدی دریافتی کشور، هیدروژن تولید کرد و آن را ابتدا همراه با نفت و گاز و سپس به جای آنها صادر نمود. برای تولید برق از راه نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع برج مرکزی می‌توان بازده ۲۰ درصد و برای تجزیه آب و تولید هیدروژن بازده

۸۰ درصد را در نظر گرفت. میزان انرژی خورشیدی که به وسیله آینه‌های این نیروگاه حرارتی خورشیدی دریافت می‌شود، به طور متوسط برابر با ۱۰۲۲۰ مگاجول بر مترمربع در سال تخمین زده می‌شود. کل صادرات نفت و گاز ایران در سال ۱۳۶۹ معادل ۹۵۳/۵ میلیون بشکه نفت خام (۲/۶۱۲ میلیون بشکه در روز) با ارزش حرارتی ۱۶/۶۷ اکساجول در سال بوده است. چنانچه بخواهیم هیدروژن را با این ارزش حرارتی تولید و صادر کنیم، سطح آینه‌های خورشیدی مورد نیاز حدود ۴۰۶۴ کیلومتر مربع و سطح زمین لازم (که آن را ۲/۵ برابر سطح آینه‌ها در نظر می‌گیریم) برابر با ۱۰۱۶۰ کیلومتر مربع خواهد بود. این مقدار زمین حدود ۰/۶۱۶ درصد کل زمینهای کشور و رقم بسیار کوچکی است. جمهوری اسلامی ایران با به کارگرفتن انرژی خورشیدی دریافتی ۱ درصد از زمینهای آفتاب‌خیز خود، خواهد توانست صادرات انرژی به صورت هیدروژن را به ۱۰/۸۲۸ اکساجول یا معادل ۱۵۴۷/۹ میلیون بشکه نفت خام در سال یا معادل ۴/۲۴ میلیون بشکه نفت خام در روز برساند.

باتوجه به آلودگیهای فزاینده محیط زیست، بخصوص بالا رفتن دمای کره زمین، توجه دنیا به منابع انرژی که با محیط زیست سازگار است و آثار ویرانگر سوخت‌های فسیلی را ندارد، هر روز بیشتر می‌شود. دنیا بناچار از این سوخت‌ها روی گردانده است و به انرژی خورشیدی که تنها انرژی تمیز مسووجود است، روی آورده و مسووجور

خواهد شد، انرژی مورد نیاز خود را به صورت هیدروژن از کشورهای آفتابخیزی نظیر ایران تأمین کند. بنابراین ارزش دارد که ایران از هم‌اکنون خود را برای صادرات انرژی خورشیدی دریافتی کشور به صورت هیدروژن آماده سازد.

مزیت‌های دیگر انرژی خورشیدی

در بحث بالا نشان دادیم که می‌توان با استفاده از انرژی خورشیدی نیازهای انرژی کشور را تأمین کرد؛ آلودگی محیط زیست را کاهش داد و هیدروژن را برای صادرات تولید نمود. در زیر دلایل دیگر استفاده از انرژی خورشیدی را در سطح وسیع مطرح می‌کنیم:

۱- تکنولوژی کاربردهای انرژی خورشیدی آن قدر پیچیده نیست که به استفاده از متخصصان خارجی نیاز داشته باشیم. در بسیاری از کاربردها، تکنولوژی لازم هم‌اکنون در کشور موجود است. در چند کاربرد (مانند ساختن فتوسل‌ها) می‌توان با تلاشی مختصر، تکنولوژی مربوط را توسعه داد.

۲- دولت ایران در دهه‌های گذشته واردکننده تکنولوژی برای حل مسائل خود بوده است. تقریباً تمامی تسهیلات زندگی امروزی (نظیر برق و کلیه وسایل الکتریکی، تلفن، راه و ترابری، اتومبیل، کامپیوتر و ...) با وارد کردن تکنولوژی حاصل شده است. به دلیل محدود بودن

منابع نفتی و امکان تمام شدن این منبع طبیعی بسیار پرارزش، ما می‌توانیم صبر کنیم تا کشورهای صنعتی مسائل انرژی خود را حل کنند و همچون گذشته تکنولوژی مربوط را وارد کنیم یا این‌که چند سالی جلوتر از دیگران قدم برداریم و به فکر توسعه منبع انرژی خورشیدی باشیم و به جای واردکننده بودن، به عنوان صادرکننده تکنولوژی انرژی خورشیدی مطرح شویم.

۳- بالا رفتن میزان گاز کربنیک (CO₂) در اتمسفر زمین و به دنبال آن، افزایش دمای کره زمین موضوعی است که در سطح جهانی مطرح است و نگرانی بسیاری از مردم دنیا را برانگیخته است. در مقایسه با کشورهای صنعتی که مصرف سوخت‌های فسیلی آنها بسیار زیاد است، ایران نقش زیادی در بالا بردن CO₂ در سطح جهانی و گرم شدن اتمسفر زمین ندارد ولی توجه به این موضوع (که کشورهای صنعتی جهان تازه به فکر آن افتاده‌اند) می‌تواند در محافل علمی و سیاسی جهان برای جمهوری اسلامی ایران وجهه‌ای عالی به وجود آورد.

۴- در حال حاضر، جمهوری اسلامی ایران رهبری سیاسی بعضی از کشورهای جهان سوم را به عهده دارد. شایسته است این جمهوری رهبری معنوی جهان و رهبری علمی و فنی جهان سوم

بنا به اهمیت موضوع، لازم است سازمانی به وجود آید که وظیفه آن تنها بررسی استفاده از انرژی خورشیدی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی باشد.

سازمان انرژی خورشیدی کشور وظایف اصلی زیر را به عهده خواهد داشت: - احیا و تقویت حس صرفه‌جویی و اسراف‌زدایی در مردم، با شعارهای:

* کم‌کردن مصرف هرچیز، از جمله انرژی

* مصرف مجدد هرچیز تا حد امکان

* استفاده‌های دیگر از مواد دور ریختنی

- استفاده هرچه بیشتر از انرژی خورشیدی در تأمین نیازهای انرژی کشور.

- کمک به تدوین استانداردهای مربوط به مبدل‌های انرژی نظیر وسایل خانگی و لامپ‌های روشنایی، وسایل نقلیه، موتورهای صنعتی، طراحی ساختمانها و غیره و میزان آلودگی مجاز هریک.

۲- با تصویب مجلس شورای اسلامی، سپاهی به نام سپاه حافظان محیط زیست با مسؤولیت اعمال استانداردهای تدوین شده، ایجاد شود.

۳- سوبسیدهای موجود سوخت‌های فسیلی قطع شود.

۴- اعتبار لازم برای کارایی هرچه بیشتر سازمان انرژی خورشیدی و سپاه حافظان محیط زیست تأمین گردد.

۵- اعتبار لازم برای بهبود بخشیدن به بازده مبدل‌های انرژی، جلوگیری از اتلاف انرژی و استفاده از انرژی خورشیدی تأمین شود.

را نیز عهده‌دار شود. با توجه به نقشی که انرژی در توسعه کشورها دارد و این که بیشتر کشورهای جهان سوم نیز از میزان انرژی خورشیدی چشمگیری برخوردار هستند، جمهوری اسلامی ایران می‌تواند با سرمایه‌گذاری وسیع در توسعه علوم و تکنولوژی انرژی خورشیدی در کشور، در عمل صادرکننده این تکنولوژی به جهان سوم باشد و نقش رهبری علمی و فنی خود را در جهان سوم بدرستی ایفا کند.

تصمیم‌گیری برای کاهش آلودگی‌های محیط زیست و توسعه کاربردهای انرژی خورشیدی

با توجه به دلایلی یاد شده در بالا به منظور پیشبرد پژوهش و توسعه کاربردهای انرژی خورشیدی در کشور، پیشنهاد می‌کنیم:

۱- با تصویب مجلس شورای اسلامی، سازمانی به نام سازمان انرژی خورشیدی جمهوری اسلامی ایران تشکیل شود. این سازمان بسیار شبیه به سازمان انرژی اتمی جمهوری اسلامی ایران است و به‌طور مستقیم زیر نظر ریاست جمهوری اداره می‌شود.

در حالی که بسیاری از سازمانهای دولتی واحدهای پژوهشی به نام انرژیهای نو یا انرژی خورشیدی دارند ولی وظیفه اصلی این سازمانها چیز دیگری است و توجه به انرژی خورشیدی از اولویت بالایی برخوردار نیست.

۱۱- از ۱۳۷۷ به بعد، دادن اجازه مصرف فقط به مبدل‌های انرژی که استانداردهای مربوط را رعایت می‌کنند.

۱۲- از ۱۳۷۷ به بعد، استفاده از آفتاب برای تأمین نیازهای حرارتی کلیه بناهای دولتی در دست ساختمان.

۱۳- از ۱۳۷۷ به بعد، دادن سوبسید و تشویق مردم برای استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین نیازهای حرارتی خود.

۱۴- از ۱۳۷۷ به بعد، فقط استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی برای تأمین نیازهای جدید برق کشور.

۱۵- از ۱۳۷۷ به بعد، صدور هیدروژن مایع و کاهش صدور نفت به خارج از کشور.

تأثیر و استفاده از انرژی خورشیدی بر اقتصاد ملی

باتوجه به سوبسید قابل توجهی که دولت برای مصرف انرژی کشور می‌پردازد، هرگونه صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جایگزینی انرژی خورشیدی می‌تواند از این سوبسید بکاهد و بر اقتصاد ملی اثر بگذارد. اثر غیرمستقیم صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده از آفتاب، کم کردن آلودگی هوای شهرها، کاهش هزینه‌های درمانی و ارزش وقت افرادی است که به دلیل آلودگی هوا، کارایی خود را از دست می‌دهند. اثر اقتصادی مهمتر استفاده از انرژی خورشیدی بر اقتصاد ملی را باید در سالهای ۱۴۰۰ شمسی در نظر گرفت که سوخته‌های نفتی در

برنامه زمانی میان‌مدت برای جلوگیری از اتلاف انرژی

با علاقه‌مندی و همت دولت جمهوری اسلامی ایران و مجلس شورای اسلامی، می‌توان برنامه زمانی زیر را برای هدفهای گفته شده در بالا پیشنهاد کرد:

۱- سال ۱۳۷۳، تأسیس سازمان انرژی

خورشیدی جمهوری اسلامی ایران

۲- سال ۱۳۷۳، تشکیل سپاه حافظان محیط زیست

۳- ۷۶-۱۳۷۴، تدوین استانداردهای

مربوط به استفاده از انرژی در کشور

۴- ۷۶-۱۳۷۴، توسعه هوا و آب‌گرم‌کن‌های

خورشیدی مناسب برای ساخت و تولید در کشور

۵- ۷۹-۱۳۷۴، توسعه نیروگاه‌های حرارتی

۱ و ۱۰ مگاواتی

۶- ۷۹-۱۳۷۴، توسعه سلول‌های خورشیدی

(Solar Cells)

۷- ۷۹-۱۳۷۴، تحقیق در تولید خورشیدی

هیدروژن و ذخیره، انتقال و استفاده

آزمایشی از آن در وسایل نقلیه

۸- ۷۹-۱۳۷۴، تحقیق در پیل‌های سوختی

(Fuel Cells) برای استفاده از هیدروژن

در تولید برق

۹- ۸۴-۱۳۸۰، تحقیق در تولید و صدور

هیدروژن مایع

۱۰- از ۱۳۷۷ به بعد، دادن اجازه ساختمان

فقط به ساختمانهایی که استانداردهای

انرژی را مراعات می‌کنند.

نتیجه گیری

کشور ایران از نظر دریافت انرژی خورشیدی بسیار غنی است و لازم است جمهوری اسلامی ایران به این منبع لایزال انرژی چه به جهت تأمین مصارف داخلی، چه برای پس انداز نفت و گاز خود برای آینده و مصارف صنعتی، چه از نظر امکان صادرات هیدروژن که از راه استفاده از آفتاب تولید می شود و چه به لحاظ کاهش آلودگیهای محیط زیست، توجه شایانی داشته باشد.

موضوع آلودگیهای محیط زیست، بویژه بالا رفتن دمای کره زمین و فجایعی که این ازدیاد دما به بار خواهد آورد و نگرانی مردم دنیا در مورد این آلودگیها، دیر یا زود دولتهای جهان را مجبور خواهد کرد که در مصرف انرژی صرفه جویی نمایند و به منابع غیر فسیلی و تمیز انرژی که با محیط زیست سازگارند، روی بیاورند. انرژی خورشیدی تنها منبع شناخته شده انرژی است که با محیط زیست سازگار است و کمترین آلودگی را تولید می کند. تکنولوژی استفاده از انرژی خورشیدی آنچنان پیچیده نیست که مهندسان و سایر پژوهشگران کشورمان نتوانند از عهده توسعه آن در تأمین نیازهای داخلی و صادرات انرژی برآیند. با به وجود آوردن تشکیلاتی در کشور، مثلاً از راه تأسیس سازمانی به نام سازمان انرژی خورشیدی جمهوری اسلامی ایران که وظیفه اصلی آن صرفه جویی در مصرف انرژیها و استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین نیازهاست، جمهوری اسلامی ایران

دنیا رو به اتمام و دارای ارزش فوق العاده ای خواهند بود. هر بشکه نفتی که امروز صرفه جویی شود و در زیرزمین ذخیره گردد، در سالهای آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

لازم است اضافه کنیم که به دلیل ساده بودن تکنولوژی استفاده از انرژی خورشیدی در تأمین نیازهای انرژی کشور، می توان تقریباً تمامی دستگاههای خورشیدی را در داخل کشور ساخت. این موضوع به جهت تولید شغل و کار و بالا بردن سطح اشتغال اهمیت فوق العاده ای دارد؛ بعلاوه، امکان صادر کردن دستگاهها و تکنولوژی استفاده از انرژی خورشیدی به کشورهای جهان سوم وجود دارد که دارای آثار اقتصادی قابل توجهی است.

موضوع سرمایه گذاری وسیع در علوم و تکنولوژی انرژی خورشیدی در ایران همراه با اقتصادی بودن آن تصمیمی سیاسی است. در جشنهای هزار و چهارصدمین سال هجری شمسی جمهوری اسلامی ایران خود را کجا می بیند؟ شعار خوداتکایی می دهد ولی در عمل کلیه نیازهایش را با وارد کردن تکنولوژی تأمین می کند یا این که دست کم در تکنولوژی انرژی خوداتکا شده و به جهان سوم در انتقال آن کمک می کند؟ جمهوری اسلامی ایران با درپیش گرفتن سیاستهای مناسب و برنامه ریزیهای دقیق، می تواند سال ۱۴۰۰ هجری شمسی را با سرافرازی جشن بگیرد.

Technical and Economic Feasibility of Phasing Out Global Fossil Fuel Use", Presented at the 1993 International Solar Energy Society's Solar World Congress, Budapest, Hungary, August 1993.

۲- اطلاعات عمومی انرژی، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۱.
3-, "Fossil Fuels in a Changing Climate", Greenpeace International, Amsterdam, Holland, 1992.

۴- مهدی بهادری نژاد - «جایگاه انرژی خورشیدی در ایران»، مجله مهندسی مکانیک، سال ۱، شماره ۱، ۱۳۷۱، صفحه‌های ۸ تا ۲۰.

5- Mehdi N. Bahadori, "Passive Cooling Systems in Iranian Architecture", Scientific American, Vol. 238, No. 2, 1978, pp 144-154.

□ □ □

می‌تواند در تکنولوژی انرژی به درجه‌ای از خودکفایی برسد و در این زمینه به کشورهای جهان سوم که اکثراً نیز مانند ایران آفتابگیر هستند، کمک کند.

در گذشته کشور ایران به دلیل وجود ذخایر نفتی مورد استثمار خارجیان که از این منبع انرژی محروم بودند ولی قدرت سیاسی و توانایی علمی و فنی استخراج و استفاده از آن را داشتند، قرار گرفت. پس از تمام شدن سوختهای فسیلی در جهان (یا حتی قبل از آن برای کاهش آلودگیهای محیط زیست و بویژه جلوگیری از گرم شدن کره زمین)، دنیا به استفاده از انرژی خورشیدی روی خواهد آورد. آیا ایران حاضر است خود به تکنولوژی استفاده از آفتاب دست یابد و به کشورهای دیگر انرژی صادر کند یا این‌که مانند گذشته باید منتظر بماند که خارجیان بیایند و این کار را برای او انجام دهند؟ پاسخ به این پرسش به تصمیمی بستگی دارد که دولت و ملت ایران (از طریق نمایندگان در مجلس شورای اسلامی) تا باید هر چه زودتر اتخاذ کنند.

منابع:

1- S. Boyle, "Towards a Fossil-Free Future, the