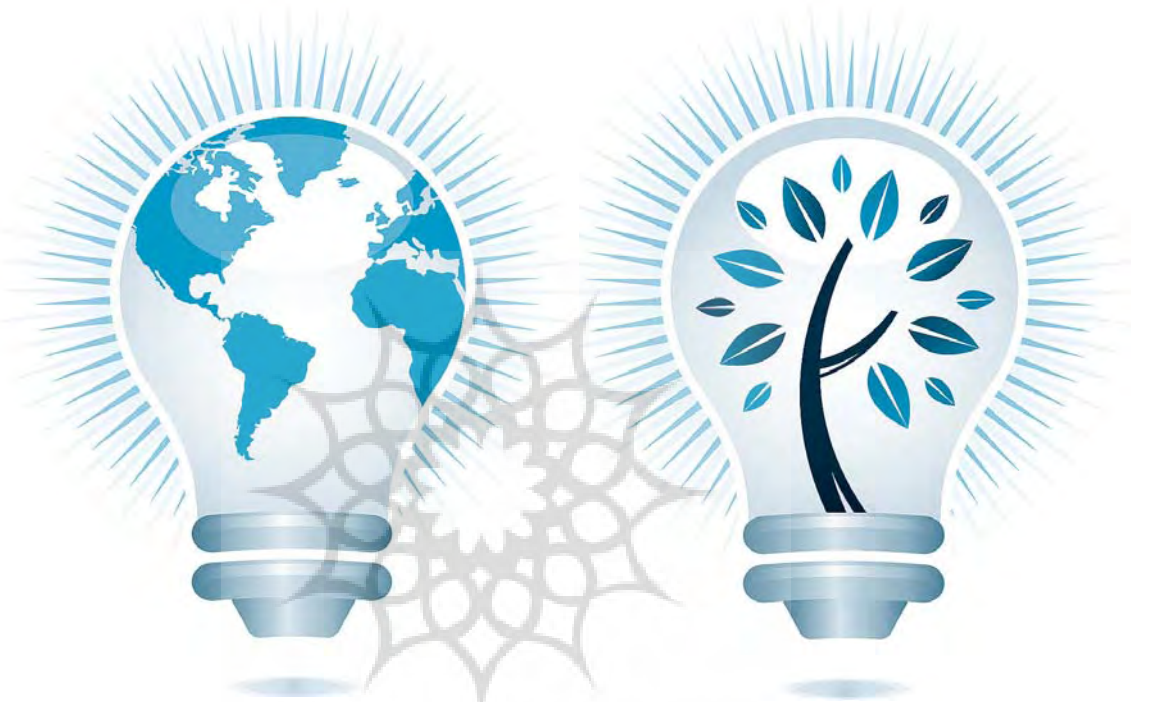
امتیازات انرژی هسته‌ای
در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای



حامد بهشتی (کارشناس ارشد اقتصاد محیط زیست)
عباس فدایی(کارشناس ارشد اقتصاد انرژی و بازاریابی بین‌الملل)

مقدمه

انرژی هسته‌ای به عنوان فناوری که امروزه در دسترس است، سطح بسیار پایینی از انتشار گازهای گلخانه‌ای را به همراه دارد و می‌تواند در آینده به طور قابل ملاحظه‌ای جهت کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای، توسعه یابد.

بر اساس تحلیل گروهی از کارشناسان بین‌المللی مؤسسهٔ (IPCC)[۱] این فناوری از پتانسیل بالایی برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای (در کم‌ترین سطح هزینه)، در بخش عرضهٔ انرژی برخوردار است. امّا درحال حاضر، انرژی هسته‌ای مشمول طرح‌های "ساز و کار توسعهٔ پاک" (CDM)[۲] و پروژه‌های اجرای مشترک (JI)[۳] نیست و این امر با نگرانی حال حاضر در مورد تغییرات آب و هوایی سازگاری ندارد.

"سازوکار توسعهٔ پاک" و "اجرای مشترک" دو فرآیند انعطاف‌پذیر هستند که در پیمان کیوتو، در چارچوب کنوانسیون تغییرات آب و هوای سازمان ملل متحد، به کار گرفته شده‌اند. هدف این پیمان، کمک به کشورهایی است که با تهدیدات زیست محیطی مواجه هستند، تا بتوانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را محدود کنند و یا کاهش دهند. بر اساس مفهوم (CDM) یک کشور متعهد به کاهش انتشارات، (اغلب کشورهای توسعه‌یافته) می‌تواند تعهدات خود را از طریق سرمایه‌گذاری در پروژهٔ کاهش گازهای گلخانه‌ای در یک کشور دیگر که تعهدی در این زمینه ندارد (اغلب کشورهای در حال توسعه) به انجام برساند و از این طریق به کاهش انتشارات کمک نماید. مفهوم (JI) نیز تقریباً مشابه مفهوم قبلی است با این تفاوت که در اینجا دو کشور دارای اهداف و برنامه و تعهدات کاهش انتشار، در اجرای یک پروژه کاهش انتشار مشارکت می‌کنند. در حال حاضر پروژه‌های هسته‌ای به صراحت ازچارچوب این دو مفهوم خارج شده‌اند.

نگرانی‌های اصلی دربارهٔ انرژی هسته‌ای بیشتر معطوف به این موارد است که این فناوری می‌تواند خطرناک و غیر اقتصادی باشد و از همه مهم‌تر اینکه در جهت اهداف نظامی قرار گیرد و اما گفتگوها

در زمینهٔ تغییرات آب و هوایی، محل مناسبی برای طرح نگرانی‌هایی از این قبیل نمی‌باشد.

در مورد بحث امنیت

کنوانسیون امنیت هسته‌ای، سازوکار بین‌المللی مؤثری را برای بررسی این نگرانی‌ها مهیا نموده است. برای قضاوت در مورد هزینه‌ها، سرمایه‌گذارانی وجود دارند که حاضرند با دقت به پیش‌بینی این امر که چه چیزی در حال و آینده اقتصادی می‌باشد، بپردازند. اما در بحث نگرانی در مورد استفاده نظامی از نیروی هسته‌ای نیز معاهده‌ای تحت عنوان معاهدهٔ منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای(NPT)[۴] وجود دارد که با اضافه نمودن مستمر پروتکل‌های الحاقی و بحث بازار سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای که اخیراً مطرح شده است، توافقات امنیتی مستحکمی را برای آینده، برقرار می‌نماید.

کمیسیون سازمان ملل متحد در بحث توسعهٔ پایدار، به این نتیجه رسیده که اگرچه کشورها بر سر نقش انرژی هسته‌ای در توسعهٔ پایدار اتفاق‌نظر ندارند، اما گزینهٔ انرژی هسته‌ای همواره مدنظر این کشورها خواهد بود و بنابراین حذف این گزینه در توافقات مربوط به مسألهٔ تغییرات آب و هوایی، موضوعیتی نخواهد داشت.

بهترین گزینه برای توسعهٔ پایدار(برآورده نمودن نیازهای حال حاضر، بدون به خطر انداختن منافع نسل‌های آینده) این است که به نسل‌های آینده اجازه داده شود خودشان در مورد منابع تأمین انرژی خود تصمیم‌گیری کنند و محیط رقابتی را برای این منابع آماده نمایند.

انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح بسیار پایین

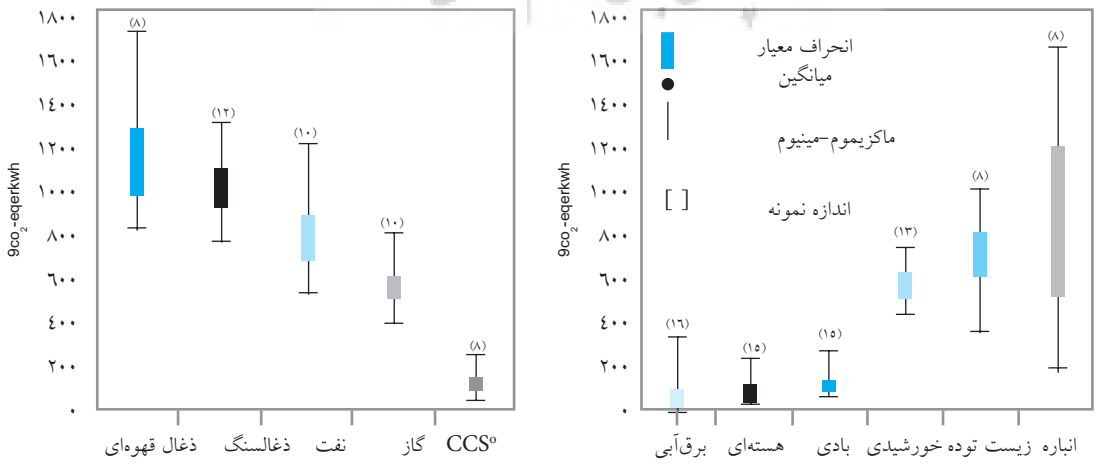
نمودار(۱) به مقایسهٔ میزان گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته در چرخهٔ کامل انرژی هسته‌ای شامل استخراج سنگ معدن اورانیوم، تولید سوخت هسته‌ای، احداث ساختمان‌ها، بهره‌برداری و از کاراندازی نیروگاه هسته‌ای و مدیریت پسماند، در مقایسه با گازهای گلخانه‌ای منتشره از سایر فناوری‌های تولید انرژی، پرداخته است. البته نمودار سمت راست که مربوط به سوخت‌های غیر فسیلی است، از نظر مقیاس کوچک‌تر از نمودار سمت چپ است. این مقیاس از صفر تا ۱۸۰ گرم معادل دی اکسید کربن برای یک کیلووات ساعت است و برای سوخت‌های فسیلی در نمودار سمت چپ از صفر تا ۱۸۰۰ گرم دی‌اکسیدکربن برای یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی می‌باشد.

انرژی‌های برق آبی، هسته‌ای و باد، دارای کم‌ترین سطوح انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول دورهٔ فعالیت می‌باشند که میزان آن خیلی کمتر از حداقل قابل تصور برای سوخت‌های فسیلی و کمتر از دو سوم گازهای منتشره از انرژی‌های خورشیدی و زیست توده است. میانگین میزان انتشار برای انرژی هسته‌ای تقریباً ۱۰ گرم معادل دی‌اکسیدکربن برای یک کیلووات ساعت برق تولیدی، اندازه‌گیری شده است. نمودار به دست آمده حاصل از تخمین ۱۵ نمونه در محدودهٔ ۲/۸ تا ۲٤ گرم معادل دی‌اکسیدکربن برای یک کیلووات ساعت برق تولیدی را به ما نشان می‌دهد. با این حال به خاطر طبیعت غیر قابل پیش‌بینی بسیاری از منابع تجدیدپذیر، نمی‌توان از آن‌ها به شکل منابع کامل و قابل اعتماد برای تأمین بار پایه[۵] الکتریکی استفاده نمود.

به این ترتیب، با اینکه نیروی باد و انرژی خورشید می‌توانند به عنوان مکمّل تولید بار پایه باشند اما نمی‌توانند به طور کامل جایگزین انرژی هسته‌ای و برق‌آبی شوند.

بیشتر انتشارات گازهای گلخانه‌ای از فعالیت‌های بالادستی (چرخهٔ سوخت) نیروگاه، از جمله استخراج اورانیوم، غنی‌سازی و تولید سوخت، ناشی می‌شود.

نمودار(۱): انتشارات گازهای گلخانه‌ای حاصل از فناوری‌های منتخب تولید انرژی در طول دورهٔ فعالیت



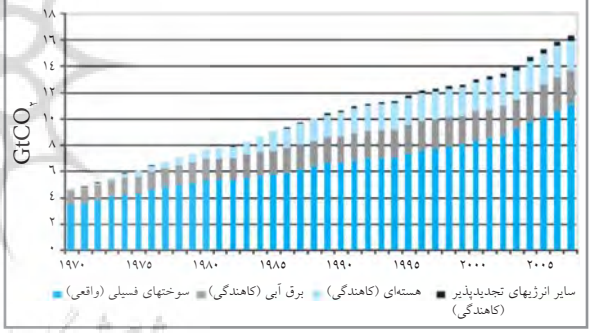
(فرایند جذب و ذخیره‌سازی کربن): carbon capture and storage

بسیاری از تفاوت‌هایی که در برآورد میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای حاصل از انرژی هسته‌ای دیده می‌شود، در واقع بستگی به پیش فرض‌های مختلف در مورد فناوری‌های مورد استفاده در غنی‌سازی اورانیوم (استفاده از دیفیوژن گازی یا سانتریفیوژ) و اینکه از چه منبعی برای تولید برق موردنیاز در غنی‌سازی استفاده شود، دارد.

سانتریفیوژ به نسبت فناوری دیفیوژن گازی، تنها دو درصد مصرف برق دارد و اگر فرض کنیم که منبع تأمین الکتریسیته برای غنی‌سازی، از نیروگاه‌های زغال‌سنگ‌سوز باشد، میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای بالا خواهد بود و اگر از انرژی هسته‌ای، برق آبی و یا بادی استفاده شود، بالطبع میزان این انتشارات بسیار پایین تخمین زده می‌شود.

با جایگزینی سانتریفیوژها به جای تأسیسات دیفیوژن گازی، و همچنین بهره‌گیری از الکتریسیته با انتشار کمتر کربن جهت غنی‌سازی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از نیروگاه

نمودار(۲): انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن حاصل از بخش تولید الکتریسیته و بازدارندگی از انتشار توسط سه فناوری کاهندهٔ کربن



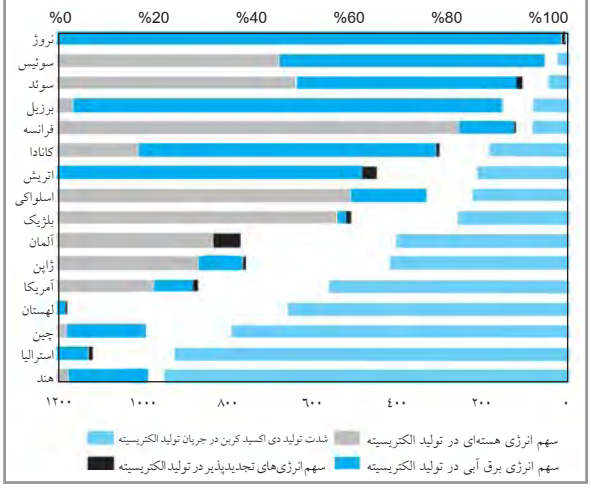
هسته‌ای، به پایین‌ترین سطح انتشار در محدوده‌ی مشخص شده در نمودار(۱) خواهد رسید.

کاهش میزان انتشارات در اثر بکارگیری انرژی هسته‌ای

در طول ۵۰ سال اخیر، انرژی هسته‌ای، بخشی از برق مورد نیازجهان را تأمین نموده است. در حال حاضر در حدود ٤٣٧ راکتور برق در سراسر جهان در حال بهره‌برداری هستند و تا اواسط دههٔ ۱۹۸۰ سهم انرژی هسته‌ای در تولید برق جهان بین ١٤ تا ١٦ درصد بوده است. بنابراین تا امروز، انرژی هسته‌ای به میزان قابل‌توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرده است و می‌توان گفت که در حدود همین مقدار بازدارندگی نیز توسط سیستم‌های برق‌آبی انجام گرفته است.

میله‌های قرمز رنگ در نمودار(۲)، نشان‌دهندهٔ روند تاریخی انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از تولید برق در جهان است. برای مثال در سال ۲۰۰۷ این مقدار در حدود ۱۱ گیگاتن معادل دی‌اکسیدکربن بوده است، اما اگر انرژی‌های تجدیدپذیر، برق‌آبی و هسته‌ای نبودند،

نمودار(۳): سهم منابع غیر فسیلی در بخش تولید الکتریسیته و شدت تولید دی‌اکسیدکربن در کشورهای مختلف در سال ۲۰۰٦



این عدد به حدود ١٦/٤ گیگاتن می‌رسید.

چنین برآوردهایی از کاهش انتشارات، بستگی به این دارد که، در غیاب انرژی‌های تجدیدپذیر، هسته‌ای و برق‌آبی، چه منابعی برای تولید الکتریسیتهٔ موردنیاز، جایگزین می‌شدند. در نمودار(۲) فرض شده است که برق تولید شده توسط این سه منبع، با درنظر گرفتن ارزش حرارتی متناسب با سهم آن‌ها در سبد تولید انرژی، به وسیلهٔ زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی، جایگزین می‌شد. بسیاری از نیروگاه‌های هسته‌ای جدید، پس از شوک‌های نفتی دهه ۱۹۷۰ که تصمیم به کاهش وابستگی به نفت و گاز گرفته شد، ساخته شدند.

نمودار(۳) همبستگی بین کاهش سطح انتشار دی‌اکسیدکربن و افزایش سهم برق‌آبی و انرژی هسته‌ای را در سطح ملی کشورها نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد، کشورهایی که شدت تولید دی‌اکسیدکربن در آن‌ها کمتر از ۲۰ درصد میانگین جهانی است (براساس گرم دی‌اکسیدکربن در هر کیلووات ساعت برق تولیدی) بیش از ۸۰ درصد از برق خود را توسط سیستم برق‌آبی (نروژ و برزیل)، یا انرژی هسته‌ای (فرانسه) و یا ترکیبی از این دو (سوئیس و سوئد) تولید می‌کنند. در سوی دیگر نمودار، کشورهایی که شدت تولید دی‌اکسیدکربن در آن‌ها بالا می‌باشند (۸۰۰ گرم دی‌اکسیدکربن به ازاء هر کیلووات‌ساعت و بیشتر) که در سبد عرضه انرژی خود، سهمی از انرژی هسته‌ای ندارند (استرالیا) و یا سهم بسیار اندکی دارند (چین و هند).

قدرت بازدارندگی بالا از انتشار گازهای گلخانه‌ای برای آینده

چهارمین گزارش ارزیابی توسط (IPCC)، برآورد پتانسیل بازدارندگی از انتشارات گازهای گلخانه‌ای در سال‌های آینده را برای منابع مختلف تولید برق، از جمله سوخت‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای، برق آبی، نیروی باد، سوخت‌های بیولوژیکی، زمین گرمایی و سلول‌های خورشیدی، نشان می‌دهد. تحلیل(IPCC) با بررسی

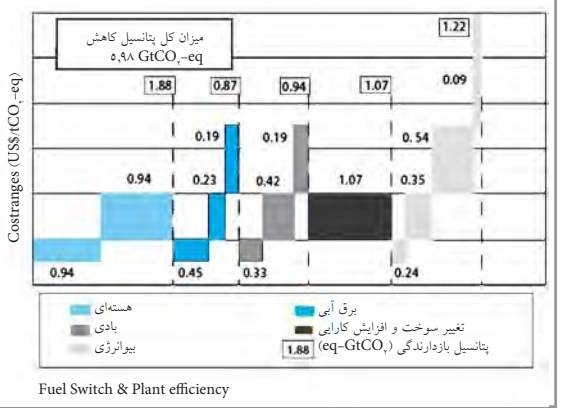
گزارش چشم‌انداز جهانی انرژی در سال ۲۰۰٤ (منتشر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی) شروع می‌شود و سپس به برآورد میزان بازدارندگی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ به وسیله اتخاذ فناوری‌های دیگر تولید الکتریسیته و افزایش سهم آن‌ها می‌پردازد.

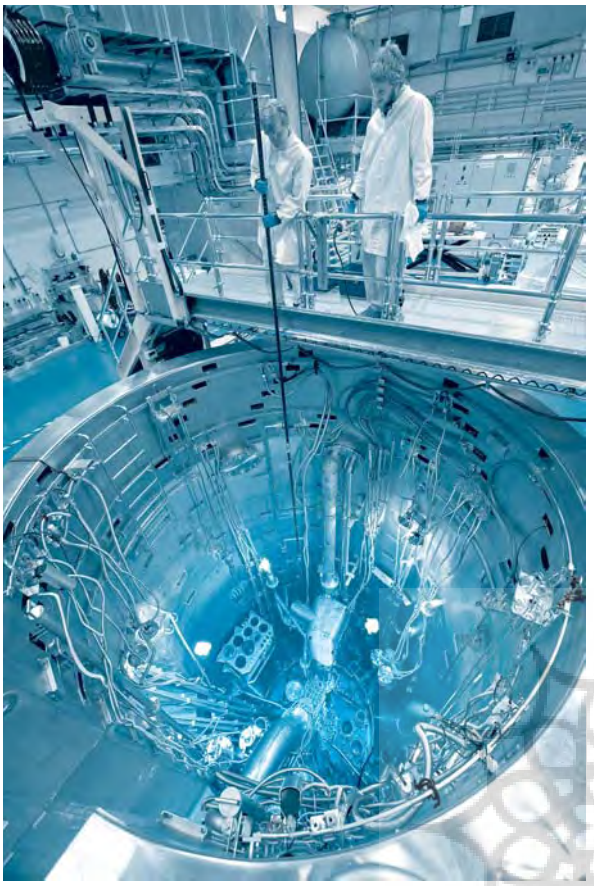
در این تحلیل فرض بر این است که از هر فناوری به صورت کاملاً فنی و به اقتصادی‌ترین حالت ممکن و با در نظر گرفتن استعدادهایی چون ظرفیت‌های صنعتی، توسعهٔ منابع انسانی و مقبولیت عمومی، بهره‌برداری شود. برآوردها نشان می‌دهد که هر یک از فناوری‌های کاهش‌دهندهٔ انتشار کربن، در سطوح هزینه‌ای مختلف، تا چه اندازه می‌توانند گسترش پیدا کنند.

میزان هزینه‌ها در محور عمودی در واقع تفاوت بین هزینهٔ بکارگیری فناوری‌های کاهندهٔ انتشار کربن و هزینه فناوری‌هایی است که مشمول جایگزینی شده‌اند. نتیجهٔ برآوردها در نمودار(٤) برای فناوری‌هایی که به طور بالقوه توان کاهش بیش از ۰/۵ گیگاتن معادل دی‌اکسیدکربن را دارند، نشان داده شده است. عرض هر مستطیل در نمودار(٤) میزان کاهش بالقوه هر فناوری بر اساس سطح هزینه مشخص شده در محور عمودی می‌باشد. عدد بالای هر مستطیل بیانگر عرض آن مستطیل است، بنابراین انرژی هسته‌ای (که به وسیله مستطیل زرد مشخص شده است) توانایی کاهش بالقوهٔ ۰/۹٤ گیگاتن معادل دی‌اکسیدکربن در سطوح منفی هزینه و همچنین به همین میزان برای سطوح مثبت هزینه تا سقف ۲۰ دلار برای هر تن دی‌اکسیدکربن را دارد. بر اساس گزارش IPCC، مواردی که هزینه منفی شده، در واقع گزینه‌هایی است که منافع حاصل از آن فناوری، مانند کاهش هزینهٔ تولید انرژی و کاهش سطح انتشارآلاینده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای، برابر و یا بیشتر از هزینه‌های اجتماعی آن است. برای انرژی هسته‌ای میزان کل کاهش در سطح انتشار، معادل ۱/۸۸ گیگا تن دی‌اکسیدکربن است.

همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد، انرژی هسته‌ای بیشترین پتانسیل بازدارندگی انتشارات را در پایین‌ترین سطوح هزینهٔ متوسط در بخش عرضهٔ انرژی، به خود اختصاص داده است. پس از آن،

نمودار(٤): پتانسیل بازدارندگی در سال ۲۰۳۰ برای فناوری‌های منتخب تولید الکتریسیته درسطوح مختلف هزینه





انرژی برق آبی مکان دوم را داراست اما میزان بکارگیری آن در میان این پنج گزینه از همه کمتر است.

پتانسیل بازدارندگی توسط انرژی باد در سه سطح هزینه قابل ارائه است، که معادل یک سوم آن در قسمت منفی هزینه است. همچنین سوخت‌های بیولوژیکی، پتانسیل بازدارندگی بالایی دارند اما کمتر از نیمی از آن در سطح هزینه ۲۰ دلار به ازای هر تن دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۰۳۰ قابل دسترسی خواهد بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه حدود ٦۰ کشور در جهان نسبت به بکارگیری انرژی هسته‌ای در سبد عرضهٔ انرژی خود، اقدام کرده‌اند، نقش این انرژی در حال گسترش است. بنابراین مهم است که توافقنامه‌های پس از پیمان کیوتو، قضاوت عادلانه‌ای را نسبت به مزایای انرژی هسته‌ای با توجه به بحث تغییرات آب‌وهوایی داشته باشند و همچنین انرژی هسته‌ای را در سازوکارهای توسعهٔ پاک و پروژه‌های اجرای مشترک که در مورد آن‌ها توضیح داده شد، مورد استفاده قرار دهند.

پی‌نوشت:

۱-Intergovernmental Panel on Climate Change
۲-Clean Development Mechanism
۳-Joint Implementation
٤-Nuclear Non-Proliferation Treaty
۵- baseload