



شرکت فناوری های پیشرفته ایران

شماره ۱

## خبرنامه گداخت هسته ای

دفتر توسعه ارتباطات و همکاری های فناوری گداخت هسته ای

جلسه

استماع زیر کمیته انرژی سنا

آمریکا

«بررسی پتانسیل انرژی گداحت»

از نظریه تا واقعیت

برگزار شده در June 13. 2023

## فهرست مطالب

- اظهارات دولت فدرال
- اظهارات دکتر دیوید کرتلی، بنیانگذار و مدیرعامل هلیون انرژی
- اظهارات وین سولومن معاون بخش انرژی گداخت مغناطیسی در شرکت جنرال اتمیکس
- اظهارات اندرو هالند مدیرعامل انجمن صنعت هسته ای گداخت (FIA)
- اظهارات دکتر شو یکی از پیشگامان و سرمایه گذاران صنعت گداخت
- اظهارات دکتر مک کارتی در پایان جلسه

## چکیده :

این گزارش حاوی اظهار نظرهای مدیران ارشد شرکت‌های خصوصی گداخت هسته‌ای، رؤسای دپارتمان‌های انرژی، متخصصان حوزه گداخت هسته‌ای و نمایندگان آمریکان آمریکا در پروژه بین‌المللی ایتر و با حضور نمایندگان کمیسیون‌های مختلف در مجلس سنای آمریکا می‌باشد. در این اظهار نظرات به بررسی جایگاه و اهمیت پیشرفت در حوزه گداخت هسته‌ای و نقش آن در تأمین انرژی آینده پرداخته شده است. مقامات فوق ضمن تأیید نتیجه بخش بودن پروژه‌ها و برنامه‌های تعریف شده در حوزه گداخت هسته‌ای بر انجام اقدامات لازم و ادامه مسیر تا حصول نتیجه نهائی و ادامه سرمایه‌گذاری در این حوزه تأکید داشته‌اند.

در این نشست دولت فدرال اظهار داشته است که:

کمیته انرژی، امکان تبدیل گداخت هسته‌ای از آزمایش‌های علمی اولیه به یک واقعیت تجاری را بررسی خواهد کرد. این گفتگو برنامه علمی انرژی گداخت و همچنین **مشارکت‌های دولتی-خصوصی** دولت فدرال را با هدف تجاری‌سازی انرژی همجوشی پوشش خواهد داد که از دیرباز رویای بشر بوده است.

وزارت انرژی میلیاردها دلار از مبالغ دریافتی از مالیات دهندگان را به تحقیق و توسعه بنیادی برنامه تجاری‌سازی گداخت اختصاص داده است. گداخت در واقع یک چالش مهندسی مشابه به قرار دادن یک انسان در کره ماه است، که می‌تواند یک فرصت اقتصادی نیز تلقی گردد، حتی بزرگتر از فرصت اقتصادی که پس از کشف معدن طلای کالیفرنیا در سال ۱۸۴۹ حاصل شد. این برای ملت ما یک فرصت قانونی است.

چند ماه پیش دیدگاه‌های خوش‌بینانه و بدبینانه‌ای نسبت به گداخت وجود داشت، اما امروز درست به همان اندازه که یک پرنده به پرواز خود معتقد است، ما به وقوع گداخت و تجاری‌سازی آن معتقد هستیم، همانطور که رعد و برق، احتمال وجود الکتریسیته را آشکار می‌کند شواهدی بر پایه به وقوع پیوستن گداخت تجاری نیز وجود دارد.

اما در نظر بگیرید که در هیچ یک از این موارد، راه‌حل‌های مدرن دقیقاً همان «مکانیک طبیعت» را تقلید نمی‌کنند، به طور مثال هواپیماها بال‌های خود را مانند پرندگان تکان نمی‌دهند و یا صاعقه به شهرهای ما نیرو نمی‌دهد. درواقع محققان بین اکتشافات علمی خود و دنیای مدرن پلی زده‌اند که امروزه در آن زندگی می‌کنیم، و این پل همان تغییرات پیاده‌سازی شده است.

بودجه تحقیقات گداخت توسط دولت فدرال تأمین می‌شود و بیشتر بر درک و بازآفرینی محیط خورشید متمرکز شده است. اما در نظر بگیرید که چه می‌شد اگر یک نیروی گداخت نیازی به بازآفرینی خورشید در اینجا روی زمین نداشت، چه می‌شد اگر گداخت تجاری از طریق یک نوآوری سریع در مقیاس بزرگ مانند آزمایشگاه احتراق ملی (NIF) به دست می‌آمد. اگرچه رازهای ارزشمندی در مورد فیزیک پلاسمای گداخت، مواد ابررسانا

و موارد دیگر کشف شده است، اما تجاری سازی انرژی گداخت و تبدیل آن به برق قابل اعتماد و مقرون به صرفه در شبکه ی برق، به راه حلی کار آفرینانه نیاز خواهد داشت که با منافع زیست محیطی، اقتصادی، مهندسی و علمی همسو شود. فناوری توسعه یافته توسط شرکت های خصوصی در چند ماه گذشته بسیار امیدوار کننده بوده است. در دهه گذشته پیشرفت بخش خصوصی بیش از پروژه های دولتی بوده است؛ در نتیجه این کشور باید به طور چشمگیری سرمایه گذاری خود را در ارگان های خصوصی افزایش دهد تا اطمینان حاصل شود که **ایالت متحده اولین کشوری است که افسار این منبع انرژی را برای اولین بار در تاریخ بشر در دست خواهد گرفت.**

کنگره، بودجه گداخت هسته ای را در اولویت قرار داده است و مجوزهای جامع جدیدی را برای برنامه های DOE تصویب کرده است، به طور مثال با **حذف طبقه بندی اطلاعاتی و مشارکت شرکت های خصوصی** به تقویت این صنعت در حال رشد در فاز تجاری سازی کمک شایانی کرده است. سرمایه گذاری خصوصی در سال گذشته به ۲/۸ میلیارد دلار افزایش یافته است و تعداد شرکت های خصوصی از ۲۳ به ۳۷ رسیده است.

برطبق گزارش منتشر شده از انجمن صنعت گداخت (FIA) به منظور ارزیابی جایگزین های کم هزینه تر برای تجاری سازی گداخت، ۱۲۰ میلیون دلار جمع آوری شده است. همچنین تنها در ماه گذشته، ۸ شرکت خصوصی در برنامه جدید توسعه مبتنی بر نقطه عطف گداخت به ارزش ۴۶ میلیون دلار شرکت کرده اند. این برنامه دقیقاً **مشابه یکی از موفق ترین برنامه های NASA است** (که مرتبط با حمل و نقل تجاری مدارهای الگو برداری شده بود)؛ که باعث توسعه شایان بخش فضایی شد.

این موضوع دقیقاً همان کاری است که کنگره می تواند انجام دهد و در واقع باید انجام دهد تا اطمینان حاصل کند که صنعت نوپای گداخت همچنان به شکوفایی خود ادامه خواهد داد. همچنین برای کنگره بسیار مهم است که با تأمین بودجه ای قوی به منظور تزریق آن در بخش تحقیقاتی و فراهم آوردن بستر مشارکت های دولتی و خصوصی بتوانیم انرژی حاصل از گداخت را در شبکه برق قرار دهیم. جای تعجب نیست که چرا این منبع انرژی پاک

جذاب است، سوخت مورد نیاز آن عملاً بی‌نهایت فراوان، ایمن و تمیز است. گازهای گلخانه‌ای

یا اشکال دیگری از آلودگی را تولید نمی‌کند. بنابراین انرژی گداخت یک تغییر واقعی برای بشریت خواهد

بود، در حالی که ما هنوز کارهای زیادی برای انجام دادن در سایر جنبه‌های آب و هوایی داریم.

دولت فدرال درصدد است که سیاست‌های انرژی خود را به طور جدی تغییر دهد، به این گونه که علاوه بر فراهم

نمودن زیرساخت‌های مورد نیاز برای تولید انرژی پاک؛ با اعمال مالیات‌های سنگین بر روی منابع تولید

انرژی که منجر به تولید کربن می‌گردند، از آلودگی بیشتر هوا جلوگیری نماید. درخواست بودجه رئیس

جمهور بایدن برای سال ۲۰۲۴ به منظور پیش‌برد گداخت هسته‌ای نیز نشان دهنده حمایت گسترده دولت فدرال

از انرژی گداخت است.

در چند سال گذشته نیز پیشرفت‌های عظیمی در این زمینه رخ داده است که ما را به درک انرژی گداخت نزدیک‌تر

می‌کند، پیشرفت‌هایی در عملکرد مهندسی و همچنین دستیابی به پلاسمای در حال اشتعال حاصل شده است.

همانطور که می‌دانیم تأثیرات تغییرات آب و هوایی ویرانگر است و ما باید به افزایش جاه‌طلبی خود در مقابله با

آن ادامه دهیم. بحران آب و هوا بسیار گسترده است و یک موضوع حیاتی برای همه ما است، که باید به طور

جدی در نظر گرفته شود. بنابراین دولت فدرال به حمایت از گداخت با تخصیص بودجه‌های قوی به آن، همین‌طور

تخصیص بودجه به سایر انرژی‌های پاک ادامه خواهد داد، زیرا مزایای این تحقیق بنیادی بسیار زیاد است.

اگر در مورد آینده انرژی کشور خود و یا حتی جهان جدی باشیم، متوجه می‌شویم که هیچ فناوری وجود

ندارد که نیازهای ما را بهتر از گداخت هسته‌ای برآورده سازد، گداخت منبع انرژی نامتناهی، پاک

و فراوان است. در نتیجه در فعالیت‌های تحقیقاتی با اولویت بالا، چه در سطح بین‌المللی و چه در سطح ایالت

متحده قرار می‌گیرد. از آخرین جلسه فدرال در مورد قرارگیری گداخت هسته‌ای در صدر اولویت‌بندی تحقیقات

در سال ۲۰۲۱، انجمن گداخت ایالات متحده سخت مشغول کار بوده است، زیرا در نتیجه آن، شاهد چندین

دست‌آورد برجسته مانند دستیابی به اشتعال گداخت در آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور (اشاره به NIF) بوده‌ایم.

اساساً جهت گیری سیاسی و راهنمای استراتژیکی انرژی گداخت ایالات متحده را DOE تعیین می کند، سپس این قانون و منابع مورد نیاز دیگر به آزمایشگاه های ملی و تحقیقات صنعتی منتقل می گردد. علی رغم پیشرفت های اخیر در زمینه انرژی گداخت، یکی از بزرگترین چالش های پیش رو فیزیک تجربی پلاسما است. واضح است که برای تحقق وعده های این فناوری نوظهور باید بیشتر تلاش کرد اما نمی توانیم شتابی را که تاکنون برای انجام این کار ایجاد شده است را از دست بدهیم، بلکه باید به آن ادامه دهیم و با تأمین بودجه به پیشبرد اهداف انرژی گداخت کمک کنیم. همچنین، باید از تحقیقات پیشرو بین المللی استفاده نماییم.

رئیس جمهور بایدن پیشرفت های گداخت را در درخواست بودجه خود برای سال ۲۰۲۴ تشخیص داده و لحاظ کرده است که شامل بیش از یک میلیارد دلار برای برنامه تحقیقات انرژی گداخت وزارت انرژی است؛ این بودجه نسبت به سال ۲۰۲۳، ۳۲ درصد افزایش یافته و ممکن است از این مقدار نیز افزایش یابد.

اکنون ایالت متحده توانسته است به پیشرفت های چشم گیری در صنعت گداخت، شامل سیستم های گرمایشی پلاسما، سیستم های خلاء و سوخت رسانی پلاسما، و مغناطیس های ابررسانا برسد. رویکردهای صلاحیت فناوری و ساخت DOE فرآیندی برای تسهیل دسترسی ایالات متحده به اطلاعات پروژه های گداخت هسته ای را هدایت می کند که سهم عمده ای را در رقابت ایالات متحده در صنعت گداخت در حال حاضر و در آینده دارد.

**در ادامه این نشست، دکتر دیوید کرتلی<sup>۱</sup> بنیانگذاران و مدیر عامل هلیون انرژی<sup>۲</sup> افزود:**

"در مورد قابلیت تجاری سازی فناوری گداخت باید بگویم که من هم مانند بسیاری از شکاکان گداخت بودم، در واقع پس از سال ها مطالعه در حوزه پلاسما و گداخت، مدتی گداخت را ترک کردم و برای

---

<sup>۱</sup> David Curtley

<sup>۲</sup> helion energy



کار در بخش هوافضا در ساخت پیشرانه‌های پلاسما کار کردم، زیرا مسیر روشنی را رو به جلو و به سمت تجاری‌سازی شدن گداخت نمی‌دیدم. اما اکنون ۱۰ سال است که از زمان تاسیس هلیون با تعهد به استقرار برق گداخت در شبکه اینجا هستیم. ما با گول‌های صنعتی مانند مایکروسافت و یک تیم در حال رشد متشکل از ۱۶۵ کارمند که عمیقاً از ماموریت ما برای ایجاد آینده بشریت با برق پاک حمایت می‌کنند، همکاری می‌کنیم. اکنون باور من نسبت به گداخت بسیار متفاوت شده است، و بر این باور هستم که با برنامه‌ریزی مناسب ما قادر خواهیم بود به گداخت تجاری دست یابیم.

در دو دهه گذشته، بسیاری از نظریه‌های ما در گداخت با پیشرفت‌های حاصل شده در صنایع خارجی مانند فیبر نوری و شبیه‌سازی کامپیوتری امکان‌پذیر شده است. این پیشرفت‌ها به ده‌ها شرکت خصوصی گداخت در ایالات متحده و حتی در سطح جهان کمک کرده است که در پنج سال گذشته به نتایج قابل توجهی دست یابند.

به تنهایی شرکت من (Helion Energy) توانسته است خروجی گداخت ماشین‌های خود را افزایش دهد و این را مدیون فناوری‌های آهنربایی جدید و مدل‌های محاسباتی پیشرفته‌ای هستیم که دیدگاه همه ما را به تحقق گداخت تجاری نزدیک‌تر می‌کند. من بسیار مفتخرم که هلیون نیز بخشی از این پیشرفت بوده است که تا به امروز شش نمونه اولیه گداخت را ارائه داده که به خوبی کار می‌کنند که هر کدام بر اساس موفقیت‌ها و شکست‌های خود ساخته شده‌اند. اکنون ما در حال ساختن سیستم نسل هفتم خود هستیم که آن را Polaris می‌نامیم و انتظار داریم که تا سال ۲۰۲۸ برق مورد نیاز مایکروسافت را تأمین کند. بنابراین، در حالی که به پیشرفتی که تیمم در ۱۰ سال گذشته داشته است بسیار افتخار می‌کنم، می‌دانم که هنوز مقدار زیادی کار برای انجام دادن داریم، **زیرا مطمئن هستیم که صنعت گداخت به سرانجام خواهد رسید**، و من معتقدم که اکنون در نقطه‌ای هستیم که می‌توانیم با چالش‌های فیزیک و مهندسی

روبرو شویم که رشته ما برای غلبه بر آن سخت و طولانی کار کرده است و من متقاعد شده‌ام که این اتفاق در این دهه خواهد افتاد.

اما جامعه علمی گداخت به تنهایی نمی‌تواند این کار را انجام دهد، ما به رهبری جسور و حمایت مالی مستمر از سوی دولت ایالات متحده نیاز داریم. آمریکا می‌تواند در دهه ۲۰۳۰ به ساخت نیروگاه گداخت تجاری برسد اما ما باید گام بعدی خود را برای گداخت در نظر بگیریم، در واقع نه تنها پیرسیم که چگونه می‌توانیم علم گداخت را پیش ببریم، بلکه پیرسیم چگونه آمریکا می‌تواند توسعه گداخت را تسریع بخشد و جهان را با تولید نیروی خود رهبری کند، و امیدوارم دولت در این راه به حمایت مالی خود ادامه دهد."

**وین سولومون<sup>۳</sup> معاون بخش انرژی گداخت مغناطیسی در شرکت جنرال اتمیکس<sup>۴</sup> در**

**ادامه گفت:**

"من هیجان زده هستم تا خوشبینی خود را در مورد گداخت تجاری با شما به اشتراک بگذارم، میراث گداخت غنی است و قدمت آن به سال ۱۹۵۵ بازمی‌گردد، یعنی زمانی که ما نوآوری‌های پیشگامانه خود را در تحقیقات انرژی اتمی با بیش از ۱۲ نفر آغاز کردیم و اکنون نیم هزار کارمند در این عرصه کار می‌کنند.

وزارت علوم انرژی (DOE) یک مرکز حیاتی برای کل جامعه گداخت است که به بیش از ۶۵۰ محقق از نزدیک و به ۱۰۰ موسسه گداخت در ایالات متحده و در سراسر جهان خدمات می‌دهد. این مرکز همچنین بیش از ۲۰۰ دانشجوی در مقطع دکتری و فوق دکتری را حمایت مالی می‌کند. لازم به ذکر است

---

<sup>۳</sup> Wayne Solomon

<sup>۴</sup> General atomics

که جنرال اتمیکس همچنین دارای تیمی اختصاصی برای گداخت هسته‌ای است که این علم را در زمینه-های نظری و محاسباتی بررسی می‌کنند. آنها از ابررایانه‌های قدرتمندی مانند سیستم‌های موجود در آزمایشگاه ملی Oak Ridge برای به دست آوردن دینامیک پیچیده گداخت استفاده می‌کنند.

جنرال اتمیکس همچنین نقش مهمی در پروژه ساخت بزرگترین سلونوئید مرکزی توکامک (محصورسازی مغناطیسی) داشته است، قوی‌ترین آهنربای ابررسانای جهان، که این آهنربا می‌تواند نیروی کافی برای بلند کردن یک ناو هواپیما بر از آب ایجاد کند. علاوه بر این، جنرال اتمیکس از تحقیقات در گداخت به روش محصورسازی اینرسی نیز پشتیبانی می‌کند که اولین اشتعال کنترل‌شده را در تاسیسات احتراق ملی (NIF) در سال گذشته به دست آورد. فناوری‌های نوآورانه جنرال اتمیکس در این دستاورد کلیدی بودند، از جمله تولید کپسول‌های هدف کوچک و لوله‌های پرکننده برای پر کردن کپسول‌های سوخت.

جنرال اتمیکس سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون دلار در محصورسازی مغناطیسی و تحقیق با تمرکز بر پیشرفت آشکارسازهای مواد مغناطیسی، سیستم‌های کنترل و سایر فناوری‌های پشتیبانی کننده برای گداخت سرمایه گذاری کرده است. در واقع، ما چشم‌انداز خود را برای تحقق یک راکتور تجاری بر اساس مفهوم پیشرفته توکامک معرفی کرده‌ایم که امکان عملکرد مداوم حالت پایدار را فراهم می‌کند.

ما همچنین به دنبال همکاری خود با آزمایشگاه‌های ملی مانند Oak Ridge Princeton و Lawrence Livermore برای پیشرفت بوده‌ایم. جنرال اتمیکس اهمیت مشارکت‌های دولتی-خصوصی را می‌داند و به طور کامل از برنامه DOE در خصوص شرکت‌های نوپا برای دنبال کردن گداخت تجاری حمایت می‌کند. ما به نقش حیاتی دولت در رساندن گداخت هسته‌ای به جایی که اکنون است نیز پی برده‌ایم و معتقدیم که تأمین مالی قوی برنامه‌ها و امکانات عمومی در آینده ضروری تر خواهد بود. بخش دولتی و

خصوصی در انرژی گداخت هسته‌ای به روش محصور سازی مغناطیسی و اینرسی، به طور قابل توجهی پیشرفت به سمت موفقیت گداخت تجاری را تسریع می‌بخشد."

### در ادامه‌ی این نشست، اندرو هالند<sup>۵</sup>، مدیر عامل انجمن صنعت گداخت (FIA) افزود:

"۳۷ شرکت عضو FIA به ساختن سیستم انرژی فردا در مقیاس زمانی معین شده با توجه به چالش‌های انرژی امروز اختصاص داده شده‌اند. من دانشمند نیستم، در عوض سیاست‌مدار هستم و حرفه‌ام را به سمت حمایت از انرژی گداخت سوق دادم، زیرا ارتباط بین انرژی و امنیت ملی هرگز واضح‌تر از این نبوده است، به ویژه پس از تهاجم روسیه به اوکراین.

انرژی گداخت به این معنی است که جغرافیا دیگر برای امنیت انرژی اهمیتی ندارد. بنابراین واضح است که چرا علاقه دو حزبی<sup>۶</sup> به انرژی گداخت وجود دارد. چشم‌انداز جسورانه دولت بایدن نیز بر اساس مبنایی است که توسط وزارت انرژی دولت ترامپ و رهبری دو حزبی این کمیته ایجاد شده است.

بنابراین اجازه دهید از شما برای همکاری چندین ساله‌تان برای حمایت از تحقیق و توسعه گداخت تشکر کنم. اعضای FIA شامل طیف گسترده‌ای از شرکت‌ها با رویکردهای متفاوتی در زمینه‌ی آهنرباهای مغناطیسی (اشاره به روش MCF)، لیزرها (اشاره به روش ICF) و پیستون‌ها (اشاره به روش MIF) است که می‌توانند گداخت را هدایت کنند؛ و این تنوع ریسک را مدیریت می‌کند. در واقع ۳۷ ضربه به سمت دروازه (اشاره به ۳۷ شرکت خصوصی که بر روی گداخت کار می‌کنند) به ما شانس بیشتری را برای تحقق گداخت می‌دهد؛ نسبت به حالتی که کلیه منابع بر روی یک رویکرد خاص تمرکز کنند و یا به آن امتیاز دهند.

---

<sup>۵</sup> Andrew Holland

<sup>۶</sup> Bipartisan

گذاخت زمانی فقط مربوط به دانشگاه‌های دولتی یا ملی بود؛ اما پس از همکاری بخش خصوصی در کمتر از ۱۸ ماه، سرمایه‌گذاری بیش از دو برابر شده و به شش میلیارد دلار رسیده است. هنگامی که پیشرفت‌های تکنولوژیک تابعی از زمان و منابع هستند، افزودن بودجه خصوصی، نوآوری تجاری و مشارکت‌های دولتی-خصوصی، گذاخت را در مسیری با شتاب بیشتر قرار می‌دهد.

او افزود: "اعضای FIA توافق دارند که می‌توان طبق جدول زمانی یک دهه‌ای به گذاخت

**هسته‌ای دست یافت** و این بسیار عالی است؛ بلندپروازانه است اما ما به جاه‌طلبی نیاز داریم! در حالی که شرکت‌های آمریکایی از مزیت چشم‌انداز شرکت‌های خصوصی گذاخت برخوردار هستند؛ سایر کشورها در حال پیشبرد برنامه‌های خود برای گذاخت تجاری با همکاری ژاپن، کره جنوبی، آلمان و به ویژه بریتانیا هستند، که جای نگرانی نیست.

**در واقع رقیب ما در برنامه‌های گذاخت چین است**، زیرا چین سرمایه‌گذاری‌های کلیدی بر

روی گذاخت کرده است و به نقاط عطف مهمی نیز دست یافته است. اگر ایالات متحده سرمایه‌گذاری نکند، چین می‌تواند در رقابت انرژی گذاخت پیروز شود. بنابراین باید از دلارهای عمومی استفاده کرد و هرچه بیشتر در این زمینه سرمایه‌گذاری نمود. چینی‌ها سرمایه‌گذاری‌های بسیار جدی‌ای در برنامه گذاخت کرده‌اند که هم توسط بخش دولتی و هم در شرکت‌های خصوصی اداره می‌شود. ترکیبی از بخش خصوصی-دولتی، منبع انسانی غنی که مایل به پذیرش ریسک هستند و برنامه‌های طولانی مدت جدی دولت چین بر پایه‌ی گذاخت هسته‌ای، آن را به یکی از پیشگامان گذاخت تبدیل کرده است.

امسال برای اولین بار بودجه رئیس جمهور بیش از یک میلیارد دلار برای تحقیقات انرژی گذاخت بوده است، این بودجه یک شروع مهم است. امنیت انرژی، فراوانی انرژی و تقویت رهبری تکنولوژیک ایالات متحده به طور همزمان، وابسته به مسیر تجاری‌سازی گذاخت است."

در پاسخ به نگرانی ایالت متحده در خصوص پیشروی دولت چین در خصوص گذاخت، گفته شد:

"دلیلی وجود ندارد که ایالات متحده نتواند در این زمینه پیروز شود، ایالت متحده یک صنعت تولیدی واقعاً پیچیده مانند صنعت هوافضا را دارد که واقعاً در آن خوب است. بنابراین گداخت چیزی است که ایالات متحده می‌تواند در آن رهبر و پیشرو باشد.

ما می‌دانیم که در چین در تلاش‌های تحقیقی مشابه بسیاری وجود دارد. اما در نظر بگیرید که چین دستگاه کپی‌برداری است؛ نتایج تحقیقات این کشور مشابه نتایج منتشر شده‌ای است که یک دهه قبل ایالت متحده منتشر کرده بود و اکنون در چین ظاهر شده است! بنابراین ما می‌دانیم که این اتفاق و این پیشروی در بخش تحقیقاتی رخ می‌دهد، اما در عمل ما باید بتوانیم انرژی گداخت و علم حاصل از آن را به دنیا عرضه کنیم"

#### **در این نشست همچنین اشاره شد که:**

"یک مشارکت دولتی-خصوصی نوآورانه می‌تواند شرایط و ضوابط سازگار با صنعت را امکان پذیر کند و در عین حال ریسک مالیات دهندگان را کاهش دهد. زیرا شرکت‌ها بیش از نیمی از کل هزینه‌های پروژه‌های خود را از طریق منابع غیر فدرال تأمین می‌کنند و فقط پس از تأیید نتایج، پرداخت‌های فدرال را دریافت خواهند کرد."

**یکی از موضوعات اساسی دیگر که در این نشست به آن پرداخته شد توکامک ITER بود؛**

#### **اندرو هالند در این خصوص گفت:**

"دیگر مهم نیست برخی از منتقدان ITER چه می‌گویند، بگذارید به این نکته پردازیم که بخشی از دلیل

وجود سرمایه‌گذاری‌های بزرگ خصوصی به دلیل مسیری است که ITER هموار کرده است.

طراحی، ساخت و مونتاژ قطعات بسیاری که بخش مهمی از ITER است، کمک شایانی را به گداخت هسته‌ای کرده است. چندین سیستم قبلاً راه اندازی شده‌اند (به عنوان مثال سیستم برودتی و سرمایشی در حال حاضر در حال راه اندازی است) و همه این موارد اطلاعات مهمی را ارائه می‌دهند.

اما اجازه دهید در مورد حرکت رو به جلو صحبت کنیم، زیرا هدف عمومی شرکت‌های خصوصی دستیابی به پلاسمای مشتعل زودتر از زمانی است که در آزمایش ITER به دست می‌آید، بنابراین بیاید این فرض را داشته باشیم که آنها در برنامه‌ای که مشخص کرده‌اند موفق خواهند بود. این چه مفهومی دارد و چه چیزی از ITER کم خواهد کرد؟ من می‌گویم همه ما در گداخت یک نقش داشته‌ایم."

**در ادامه دکتر شو<sup>۶</sup> یکی از پیشگامان و سرمایه‌گذاران صنعت گداخت در خصوص اهمیت نیروی انسانی اضافه کرد که:**

"چیزی که می‌خواهم بگویم، درباره اراده جمعی در کنار منابع است، در مورد استفاده صحیح از این منابع است که خود به معنای پول هستند! بله، اما منظور من از این پول، منابع انسانی است، منابع انسانی یعنی سرمایه، یعنی منافع عمومی.

**بنابراین جذب منابع انسانی متخصص چیزی است که باید به دنبال آن باشیم.** منابع انسانی به همان اندازه سرمایه‌گذاری مالی مهم است؛ به کمک منابع انسانی می‌توانیم بر موانع علمی غلبه کنیم. خواهش من از حضار این است که درصدد جذب هرچه بیشتر نیروی انسانی متخصص در حوزه **گداخت هسته‌ای** به ویژه از کشورهای در حال توسعه و یا توسعه نیافته باشند؛ زیرا آن‌ها پتانسیل‌های خاموش بسیاری دارند."

## در نهایت در این نشست اعلام شد که:

امروزه شاهد سرمایه گذاری های بخش دولتی در بخش خصوصی گداخت هستیم. باید از فناوری های جدیدی که شرکت های خصوصی به دست می آورند حمایت نمود، زیرا اگر تحقیقات آنها تا به امروز با توجه به بودجه تجاری تعیین شده نبود، در جایی که هستیم نبودیم.

شرکت های گداخت (اشاره به همکاری های بخش خصوصی و دولتی دارد) همانند شجره نامه ی یک خانواده عضوی از شجره نامه گداخت هستند، این ۳۷ شرکت خصوصی عضو انجمن صنعت گداخت (FIA) نیز به منظور رشد گداخت باید با یکدیگر رشد یابند، زیرا هر یک از آنها ایده هایی بهینه ای دارد که نپرداختن به آن، رشد را متوقف خواهد کرد؛ زیرا یک نهاد دولتی در نهایت صرفاً یک یا دو ایده خواهد داشت که به کارایی آن نیز می بایست صحت سنجی شود.

داشتن برنامه های جایگزین مهم و لازم است؛ در این راستا می توان با شرکت های سرمایه گذاری خصوصی شریک شد تا بتوانند راکتورهای بسازند که گداخت انجام می دهند. در این حالت، راه رسیدن به راکتورهای گداخت در مقیاس بزرگ نیز که امروزه در حال کار با آنها هستیم، از این طریق هموار خواهد شد.

سازمان دهی مجدد لزوماً راه حل مناسبی برای برخی از مشکلات نیست، آنچه که ما باید انجام دهیم این است که ببینیم چه چیزی سرعت انجام کارها را با چالش مواجه می کند؛ و چه کاری باید انجام دهیم تا آن موانع را برداریم. و این اولین قدم مهم است زیرا اگر گداخت هسته ای به اندازه ای که همه می گوئیم بزرگ شود، و اگر بتوانیم یک نیروگاه برق گداخت بسازیم که انرژی پایدار و ایمنی را به کل جهان دهد. واضح است که باید یک رهبر در داخل وزارت انرژی داشته باشد که بتواند از آن حمایت کند.



همانطور که همه می‌دانید با وجود انگیزه‌هایی همچون در دسترس بودن سوخت به صورت فراوان و ردپای ناچیز کربن، عدم نگرانی در مورد با زباله‌های هسته‌ای و عدم اشاعه آن، علی‌رغم دستاوردهای برجسته اخیر در زمینه انرژی گداحت، علم انرژی گداحت یکی از چالش برانگیزترین حوزه‌هایی است که بشر با آن مواجه شده است و باید درصدد حل آن باشیم.

تولید انرژی خالص بدون کربن تا سال ۲۰۵۰ در اقتصاد جهانی نیز یکی دیگر از بزرگترین چالش‌ها و در عین حال فرصت‌های پیش‌روی ایالات متحده و جهان بیان شد و اشاره شد که برای جلوگیری از فاجعه-بارترین پیامدهای تغییرات آب و هوایی باید به تولید انرژی خالص گداحت بدون کربن رسید. گداحت قطعاً به وقوع خواهد پیوست اما چیزی که مهم است این است ایالات متحده این فرصت مهم را در رقابت جهانی از دست ندهد، درواقع رقابت برسر زمان انجام است نه کسی که آن را انجام داده است.

**دکتر مک کارتی<sup>۸</sup>، در پایان این جلسه با توجه به اهمیت آموزش اشاره کرد که:**

"نیاز است فرصت‌هایی برای دانشجویان فراهم کرد تا در آزمایشگاه‌های ملی و یا این شرکت‌های خصوصی کارآموزی انجام دهند؛ او ضمن تایید گفته‌ی دکتر شو در خصوص اهمیت منابع انسانی، تاکید کرد که نباید تمام تمرکز بر روی افزایش سرمایه جذب شده باشد؛ (اگرچه این امر رسیدن به گداحت تجاری را تحقق می‌بخشد) بلکه باید به همان اندازه به نیروی انسانی نیز اهمیت داد."

**او همچنین افزود:** "چیزی که ما را امروزه به اینجا رسانده است علاوه بر سرمایه، نیروی انسانی دغدغه‌مند بوده است. لذا باید از نظر نیروی کار بفهمیم که در صورت لزوم برای تقویت برنامه‌های مرتبط با انرژی گداحت داخلی، علاوه بر شرکت‌های خصوصی مان چقدر به همکاری‌های بین‌المللی و نیروی کار آن‌ها نیاز است."

---

McCarthy <sup>۸</sup>

همچنین او اشاره کرد که ITER دارای تیمی بین‌المللی است که به کار خود نیز ادامه می‌دهد، همکاری بین‌المللی ایالت متحده با ITER قطع نخواهد شد؛ اما جایی که ایالات متحده واقعاً مزیت دارد توانایی‌های دیگر او در کنار ITER است. این توانایی‌ها عبارتند از: شرکت‌های خصوصی، آزمایشگاه‌های ملی‌ای که در جهان بهترین هستند و دانشگاه‌های ملی‌ای که از سراسر جهان نیروی متخصص جذب خواهند کرد و به آن‌ها آموزش می‌دهند. این در واقع چیزی است که به ایالت متحده برتری رقابتی می‌دهد."