



صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران

معاونت سیاسی

اداره پژوهش‌های سیاسی

ما توانستیم

دستیابی ایران به دانش تولید ایزوتوپ‌های پایدار



فرآورده‌های خبری و تولیدات پژوهشی در بخش‌های زیر قابل دسترس است:

– وب سایت خبرگزاری صدا و سیما (سرویس پژوهش) <http://www.iribnews.ir>

پژوهشگر: مرتضی هوشیار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	■ مقدمه
۲	■ پیشینه فعالیت‌های هسته‌ای ایران
۳	■ ایران در جمع کشورهای تولید کننده ایزوتوپ‌های پایدار
۴	■ موارد کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار
۴	الف / در حوزه پزشکی
۵	ب / در حوزه صنایع
۵	ج / در حوزه محیط زیست و علوم زیستی
۵	■ پیشگامی ایران در تولید و صادرات رادیو داروها در منطقه
۶	■ جمع‌بندی



تصور اولیه بشر از فناوری هسته‌ای تا مدت‌ها پس از دستیابی به آن، منحصر به کاربرد نظامی از این دانش پیشرفته بود. اما این ذهنیت رفته رفته اصلاح شد و بعد غیر نظامی و صلح‌آمیز آن نیز به اندازه کافی نمایان شد. همزمان با رسمی شدن استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی با تعیین چارچوبی قانونی این کاربرد صلح‌آمیز را حق مسلم هر کشوری دانست و به رسمیت شناخت. کشورمان ایران نیز در سال ۱۳۳۷، به عضویت آژانس بین‌المللی انرژی اتمی درآمد و در سال ۱۳۴۷ پیمان عدم تکثیر سلاح‌های هسته‌ای (ان‌پی‌تی) را امضا کرد و دو سال بعد آن را در مجلس شورای ملی به تصویب رساند. کمتر از ده سال بعد از عضویت ایران در آژانس بین‌المللی انرژی اتمی اولین رآکتور تحقیقاتی ایران در سال ۱۳۴۶ و با ظرفیت پنج مگاوات آب سبک در دانشگاه تهران نصب و راه‌اندازی شد. این رآکتور تحقیقاتی بخش عمده‌ای از نیازمندی‌های هسته‌ای - پزشکی کشور را تامین می‌کرد. با پایان سوخت رآکتور تحقیقاتی و خودداری غرب از تامین این سوخت، کشور با مشکلاتی در زمینه پزشکی - دارویی روبرو شد. کارشناسان داخلی با تلاش و خلاقیت در این زمینه، محدودیت‌های یادشده را که بی‌سابقه بودند پشت سر گذاشتند و موفق به کسب دستاوردهای ارزشمند و متعدد در زمینه فناوری صلح‌آمیز هسته‌ای شدند. از جمله این دستاوردها، دستیابی به فناوری تولید ایزوتوپ‌های پایدار است. در نوشتار زیر تلاش شده مطالبی چند درباره دستیابی ایران به فناوری تولید ایزوتوپ‌های پایدار در شرایط سخت تحریمی ارائه شود.

■ پیشینه فعالیت‌های هسته‌ای ایران

اولین گام جدی در زمینه استفاده از علوم و تکنولوژی هسته‌ای در ایران در سال ۱۳۳۵ (برابر با ۱۹۵۶) برداشته شد. در آن سال، دانشگاه تهران مرکزی را تحت عنوان «مرکز اتمی دانشگاه تهران» برای آموزش و پژوهش هسته‌ای در کشور پایه‌گذاری کرد. این تصمیم سه سال بعد از طرح آیزنهاور، رئیس جمهوری وقت آمریکا در سال ۱۹۵۳ تحت عنوان «اتم برای صلح» به اجرا درآمد. چندی بعد در سال ۱۳۳۷ (برابر با ۱۹۵۹) به پیشنهاد دانشگاه تهران، ساخت یک رآکتور اتمی در دستور کار هیئت دولت وقت قرار گرفت. در همین راستا، رئیس جمهوری وقت آمریکا جهت تبلیغ طرح خود با تامین یک رآکتور اتمی برای ایران موافقت کرد. ظرفیت این رآکتور پنج مگاوات بود و با سوخت اورانیوم بسیار غنی شده ۹۳ درصد تا سال ۱۳۵۷ کار می‌کرد. علاوه بر رآکتور تحقیقاتی یادشده، ایران از تاسیسات (محدود) جداسازی پلوتونیوم نیز برخوردار بود. ایران قبل از انقلاب به منظور برخورداری بیشتر از همکاری‌های هسته‌ای قراردادهایی را با طرف غربی منعقد کرد که هزینه زیادی به کشور تحمیل کرد؛ از جمله باید به قرارداد با فرانسه اشاره کرد. بر اساس این قرارداد ایران در سال ۱۳۵۳ یک میلیارد دلار به فرانسه جهت تاسیسات غنی‌سازی اورانیوم در تری کاستین پرداخت کرد و در پی آن ۱۰ درصد از سهام شرکت «لوردیف» را به تملک خود در آورد. تاسیسات مذکور شامل کنسرسیومی از کشورهای فرانسه، بلژیک، اسپانیا و ایتالیا بود.^۱

۱. خبرگزاری مهر ۱۳۸۳/۰۳/۲۰

تنها یک سال بعد از تاسیس سازمان انرژی اتمی ایران، موافقتنامه‌ای برای همکاری‌های بلندمدت با بخش تکنولوژی و تحقیقات سازمان انرژی اتمی آلمان غربی امضا شد و در پی آن شرکت «کرافت ورک یونیون» - یکی از شرکت‌های وابسته به «زیمنس آلمان» - ساخت دو واحد نیروگاه اتمی را در بوشهر برعهده گرفت. با پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ و در شرایطی که حدود ۷۵ درصد واحد اول و ۶۰ درصد واحد دوم نیروگاه ساخته شده بود، طرف آلمانی کار بر روی پروژه یادشده را متوقف کرد.^۱ جمهوری اسلامی ایران از شرکت آلمانی در دادگاه داوری بین‌المللی شکایت کرد که منجر به صدور رای محکومیت طرف آلمانی شد.^۲

پس از پایان جنگ تحمیلی، جمهوری اسلامی ایران برای دستیابی به فناوری چرخه سوخت هسته‌ای و غنی‌سازی اورانیوم با کشورهای مختلفی رایزنی کرد که سرانجام، روس‌ها جدیدت بیشتری نشان دادند و قرارداد ۸۰۰ میلیون دلاری برای تکمیل نیروگاه بوشهر منعقد شد. از سوی دیگر با تلاش نخبگان و مهندسان ایرانی، معدن اورانیوم ساغند یزد کشف و کارخانه تولید کیک زرد در اردکان یزد راه‌اندازی شد. همچنین ایران توانست رآکتور نوترونی مینیاتوری و رآکتور آب سنگین نیروی صفر را در مرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان راه‌اندازی کند و دانش هسته‌ای و ماشین‌های سانتریفیوژ را نیز به دست آورد.

اواخر سال ۱۳۷۶ شورای فناوری هسته‌ای ملی تشکیل و در نتیجه تصمیم گرفته شد علاوه بر نیروگاه هسته‌ای بوشهر، شش واحد نیروگاه هسته‌ای دیگر راه‌اندازی و سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای نیز در داخل کشور تأمین شود. برحسب این تصمیم، با وجود قطع همکاری شرکت‌های طرف قرارداد، تکمیل تأسیسات UCF اصفهان که فاز اول تولید سوخت‌های هسته‌ای ایران و یکی از پیشرفته‌ترین پروژه‌های هسته‌ای دنیاست با تمام نابوری‌ها، توسط مهندسان و دانشمندان جوان هسته‌ای ایران در سال ۱۳۷۹ آغاز و در مدت چهار سال تکمیل شد و بالاخره در فروردین ۱۳۸۳ به بهره‌برداری رسید. پروژه‌ای که قرار بود چینی‌ها در مدت ۱۱ سال تکمیل کنند و تحویل دهند. همزمان با تلاش ایران جهت تکمیل و راه‌اندازی مرکز تبدیل اورانیوم اصفهان، ساخت تأسیسات غنی‌سازی اورانیوم در نطنز که از سال‌ها پیش آغاز شده بود و مهم‌تر از آن ساخت دستگاه‌های فوق‌العاده پیشرفته و پیچیده سانتریفیوژ که نقش اصلی را در غنی‌سازی اورانیوم دارند، توسط دانشمندان هسته‌ای آغاز شد و به ثمر نشست.

با این مراتب، عمده فعالیت‌های هسته‌ای ایران پس از انقلاب اسلامی عبارت‌اند از: الف) استخراج اورانیوم (ساغند یزد)؛ ب) فرآوری اورانیوم و تولید کیک زرد (اردکان یزد)؛ پ) تبدیل اورانیوم به گاز (UCF اصفهان)؛ ت) بارگذاری نیروگاه بوشهر.^۳

■ ایران در جمع کشورهای تولیدکننده ایزوتوپ‌های پایدار

تعریف ساده و قابل فهم ایزوتوپ پایدار (Stable isotope) عبارت است از: ایزوتوپ‌های شیمیایی غیر رادیواکتیو که در این عنصر هیچ شکلی از واپاشی مشاهده نشده و علاوه بر استفاده گسترده آن در حوزه صنعت از جمله نفت و پتروشیمی، در تشخیص و درمان بیماری‌هایی همچون سرطان کاربرد ویژه دارد. ایزوتوپ‌های پایدار نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در تولید رادیو ایزوتوپ‌ها دارند. رادیوایزوتوپ‌ها زیرمجموعه‌ای از رادیوداروها هستند که بیش از ۳۰ سال است در حوزه تشخیص و درمان استفاده می‌شوند. رادیوایزوتوپ‌ها گروهی از عناصر جدول تناوبی هستند که ناپایدار بوده و با توجه به ساختار اتمی خود پرتو دهی می‌کنند. در حقیقت، ایزوتوپ‌های پایدار کاربرد بسیار وسیعی در صنعت، پزشکی، علوم هسته‌ای، زمین‌شناسی، کشاورزی، داروسازی و تحقیقات علمی دارند. از نظر تاریخی استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار با کاربری صلح‌آمیز از دهه ۱۹۶۰ برای تولید رادیو ایزوتوپ‌های صنعتی و

۱. <http://boushehr.irib.ir/>

۲. قرار شد همه قطعات و دستگاه‌های ساخته شده دو نیروگاه بوشهر تا آن زمان، به اضافه نیمی از سوخت هسته‌ای به مالکیت ایران درآید و پیمانکار موظف شد که این قطعات را بصورت تحویل در بندر بوشهر، به ایران تحویل دهد. خبرگزاری صدا و سیما ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

۳. روزنامه کیهان ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

پزشکی آغاز شد. در دهه‌های اخیر با پیشرفت فناوری‌های تشخیص و درمان بیماری‌ها با استفاده از ایزوتوپ‌ها، بعد پزشکی کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار بسیار حائز اهمیت است. در این ارتباط، شاید به جرئت بتوان گفت که نقش ایزوتوپ‌ها در بخش سلامت شامل تشخیص دقیق بیماری‌ها و درمان بیماری‌های بسیار خطرناک مانند انواع سرطان‌ها، بسیار پررنگ و غیر قابل اغماض است.

برای تولید ایزوتوپ‌ها به تکنولوژی بالایی نیاز است، اما متخصصان و دانشمندان ایرانی در کنار غنی‌سازی اورانیوم، توانایی و علم جداسازی ایزوتوپ‌ها را به دست آورده‌اند. پیش از این دانش و توان تولید ایزوتوپ‌های پایدار تنها در انحصار چند کشور در جهان نظیر روسیه، آمریکا و آلمان بود. روس‌ها با تولید بیش از ۱۵۰ نوع ایزوتوپ پایدار جزو کشورهایی هستند که بیشترین تولید ایزوتوپ‌های پایدار را در اختیار دارند. تولید ایزوتوپ‌های پایدار با قابلیت استفاده در حوزه‌های پزشکی و صنعتی اتفاق مهمی است که در تاسیسات هسته‌ای فردو پیگیری می‌شود و جمهوری اسلامی ایران نیز با وجود تخصصی و دشوار بودن حوزه یادشده چندی است که به فناوری تولید ایزوتوپ‌های پایدار دست یافته است. دستیابی به دانش آبشارهای تولید ایزوتوپ‌های پایدار در حالی تحقق یافت که طرف روسی به بهانه «غیرممکن بودن» انجام همزمان غنی‌سازی اورانیوم و کار تحقیقاتی برای تولید ایزوتوپ‌های پایدار، از همراهی با ایران در این زمینه خودداری کرد.^۱

■ موارد کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار

الف / در حوزه پزشکی

پزشکی هسته‌ای شاخه‌ای از علم پزشکی است که در حوزه تصویربرداری پزشکی، پرتونگاری و فیزیک پزشکی کاربرد دارد. در این شاخه از علم پزشکی از رادیوداروها و رادیوایزوتوپ‌ها برای شناسایی و درمان بیماری‌های مختلف از قبیل سرطان استفاده می‌شود. ویژگی بارز این رشته در ایجاد تصویری از عملکردهای متابولیکی و بیوشیمیایی بدن است. این ویژگی وجه تمایز این روش تصویربرداری با سایر روش‌های تصویربرداری مانند سی تی اسکن و ام آر آی است. در این روش‌ها برخلاف پزشکی هسته‌ای تنها اطلاعات ساختاری و آناتومیکی بدن ارائه می‌شود. پزشکی هسته‌ای در حال حاضر جزو کم‌خطرترین و ایمن‌ترین روش‌های تصویربرداری تشخیصی است که در تمام دنیا استفاده می‌شود. به بیان دیگر پزشکی هسته‌ای، همان استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای است. کشور ما با تکیه بر دانش متخصصان و دانشمندان داخلی، در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در این زمینه داشته است. ایزوتوپ‌های پایدار در حوزه پزشکی یعنی در تشخیص و درمان بیماری‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. برخی از کاربردهای ایزوتوپ‌های پایدار عبارتند از:



ب/ در حوزه صنایع

از جمله کاربردهای ایزوتوپ‌های پایدار در صنایع مختلف عبارتند از:



ج/ در حوزه محیط زیست و علوم زیستی

از جمله کاربردهای ایزوتوپ‌های پایدار در حوزه علوم زیستی عبارتند از:



چندی پیش رئیس سازمان انرژی اتمی کشور در گفتگو با رسانه‌ها با ابراز امیدواری درباره بهره‌برداری از پروژه‌های مختلف و جدید این سازمان در آینده نزدیک خاطرنشان کرد: قیمت برخی از ایزوتوپ‌های پایدار حدود ۱۴۰ هزار دلار است: «ما علم غنی‌سازی ایزوتوپ‌های پایدار و فناوری مربوط به آن را به دست آورده‌ایم. مهندسان و متخصصان ما نرم‌افزارهای بزرگی نوشته‌اند که یکی از آنها برای مثال ۳۰۰ هزار خط برنامه دارد. طراحی مربوط به چیدمان زنجیره‌های غنی‌سازی ایزوتوپ‌های پایدار را متخصصان ایرانی انجام می‌دهند. طبق اخبار و گزارش‌های منتشره متخصصان کشورمان در حال حاضر بر ۱۱ نوع ایزوتوپ‌های پایدار در حال تحقیق و کار هستند.»^۱

■ پیشگامی ایران در تولید و صادرات رادیو داروها در منطقه

به گفته مدیرعامل بزرگترین شرکت تولید رادیو داروی کشور، ایران از قطب‌های تولید رادیو دارو و کیت‌های رادیو دارویی در آسیاست.^۲ به گفته داورپناه علاوه بر این دانشمندان ایرانی فناوری تولید بیش از ۵۰ نوع رادیو دارو را بومی‌سازی کرده‌اند که دانش

۱. روزنامه کیهان ۱۳۹۹/۰۶/۲۵

۲. خبرگزاری تسنیم ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

ساخت این رادیو داروها تنها در اختیار پنج کشور جهان است. علاوه بر این در حال حاضر حدود ۸۰۰ هزار نفر از بیماران کشور از محصولات رادیو دارویی استفاده می‌کنند.

علاوه بر خودکفایی در زمینه تولید برخی رادیو داروها، امروزه ایران صادر کننده انواعی از رادیو داروها به عراق، پاکستان، هند، لبنان، سوریه، مصر و گرجستان است. البته برخی از این کشورها همچون هند که صادرکننده مهم اقلام دارویی است، از مشتریان رادیو داروهای ایران است. بر این اساس محصولات رادیو دارویی ایران هم اکنون نه تنها در هند ثبت شده، بلکه ایران در حال حاضر رادیو داروی بیش از ۷۰ بیمارستان هند را تأمین می‌کند. علاوه بر این ترکیه با وجود داشتن ۱۱۰ مرکز تصویربرداری پت در حال حاضر خریدار ژنراتور از شرکت‌های ایزوتوپی ایرانی است.^۱ البته شایسته یادآوری و توجه دو چندان است که بدانیم دستاوردهای ارزنده یادشده اعم از تولید و حتی صادرات اقلام ذکر شده در حالی تحقق یافت که ما شاهد تحریم‌های بسیار سخت و غیر انسانی هستیم.

■ جمع‌بندی

بی‌تردید فعالیت‌های هسته‌ای ایران در قبل از انقلاب اسلامی با چراغ سبز محافل غربی و خصوصاً آمریکا آغاز شد. روند آرام توسعه هسته‌ای قبل از سال ۱۳۵۳ و رشد سریع و جهشی آن، تماماً زیر نفوذ و حضور کشورهای غربی به ویژه آمریکا و سپس آلمان و فرانسه بود. این روند بعد از پیروزی انقلاب اسلامی با شدت هر چه تمام تغییر جهت یافت، به گونه‌ای که غرب حتی از عمل به تعهدات پیشین خود شانه خالی کرد. خودداری از اتمام نیروگاه هسته‌ای بوشهر و تأمین سوخت رآکتور تحقیقاتی دانشگاه تهران برای ساخت و تولید رادیو دارو نمونه‌هایی از این بدعهدی است. تشدید تحریم‌ها در پی طرح پرونده هسته‌ای ایران روند بدعهدی‌های غرب را پررنگ‌تر کرد. نتیجه این سیاست تأمین نشدن نیازمندی‌های مختلف هسته‌ای - درمانی شد. برخلاف تصور اولیه همگان به ویژه غرب این روند با تلاش و نوآوری دانشمندان داخلی جای خود را به خود اتکایی و نوآوری داد. نتیجه این روند سازنده در چند سال اخیر توانایی ایران در دستیابی به دانش تولید ایزوتوپ‌های پایدار، تولید بیش از ۵۰ نوع رادیو دارو، تأمین خدمات دارویی ۸۰۰ هزار بیمار در کشور و کسب مقام نخست تولید و صادرات رادیو دارو در منطقه است. و اینها همگی نمونه‌ای مستدل بر اجرای و پیاده کردن شعار «ما توانسیم» و خود اتکایی است.