

مدیر مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها در گفت‌وگو با «شرق»:

فعالیت ما تولید بارش نیست، بلکه تشدید بارش است

محمد مهدی جوادیان زاده؛ با وجود انتقاده‌ها، بسیاری از استان‌ها متقاضی باروری ابرها هستند



محمد مهدی جوادیان زاده

همین تعطیلات نوروز که بسیاری از ما در کنار خانواده‌های خود بودیم، این عزیزان در محل کار خود حضور داشتند. این کارشناسان در مرحله اول با مراجعه به سایت‌های بین‌المللی که پیش‌بینی‌های هواشناسی ارایه می‌دهند یا سازمان هواشناسی کشور، اطلاعات اولیه را کسب می‌کنند و درمی‌یابند چه سامانه‌هایی در حال حرکت به طرف کشور هستند. پس از آن نوبت به استفاده از ماهواره‌های هواشناسی می‌رسد. ما سه ایستگاه ماهواره داریم که با استفاده از آنها می‌توانیم اطلاعات تکمیلی و دقیق‌تری از این سامانه‌ها به دست آوریم. این ماهواره‌ها هر یک ربع، تصویری از سامانه‌ها را برپایمان می‌فرستند. ما با بررسی این تصویرها اطلاعات بسیاری را به‌دست می‌آوریم، مثلا متوجه می‌شویم ابعاد این سامانه چقدر است، به کدام سمت می‌رود، با چه سرعتی حرکت می‌کند و... . حال اگر منطقه‌ای که می‌خواهیم باروری ابرها را در آن انجام دهیم، تحت پوشش رادار هواشناسی باشد، (برای مثال منطقه آذربایجان شرقی و غربی تحت پوشش رادار سهند سازمان هواشناسی است)، رادار می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری را نسبت به ماهواره در اختیار ما قرار دهد؛ اطلاعاتی مثل ضخامت توده یا میزان رطوبت آن، سرعت دقیق آن و... . براساس اطلاعاتی که به‌دست آمد، مشخص می‌شود عملیات باروری ابرها در چه لحظه‌ای، در چه مکانی و در چه شرایطی باید انجام شود. در این حالت دستور باروری ابرها صادر می‌شود.

❧ کار باروری ابرها به چه صورتی انجام می‌شود؟

بخش دیگری که در اینجا نقش دارد، بخش عملیات پروازی است. بخش عملیات پرواز ما دواگروه چهارنفره دارد که هر گروه شامل رهبر عملیات، کارشناس هواشناسی، اپراتور شلیک و کارشناس تجهیزات است. یک‌گروه چهارنفره سوار یک هواپیما و گروه چهارنفره دوم سوار هواپیمای دیگر می‌شوند و عملیات باروری ابرها را انجام می‌دهند. کار اعزام و هدایت این هواپیماها بر اساس داده‌های حاصل از ماهواره و رادار صورت می‌گیرد تا عملیات باروری ابرها به دقت انجام شود.

❧ تصمیم‌گیری برای اینکه ابر خاصی بارور شود، برعهده خودتان است یا با هماهنگی سازمان و نهاد دیگری به این نتیجه می‌رسید که عملیات باروری یک ابر خاص را انجام دهید؟

ما برای اینکه در زمینه باروری ابرها، در منطقه‌ای خاص فعالیت کنیم، از قبل با استان‌ها هماهنگ می‌کنیم، اما پس از آن، دیگر تصمیم‌گیری برای باروری ابرهای خاص برعهده خودمان است.

❧ پیش از این، ما مطالعات مربوط به امکان باروری ابرها را به شکل موضعی و محلی و برای هر استانی که از ما درخواست می‌کرد، انجام می‌دادیم اما با توجه به دستاوردهای قابل‌توجه این مرکز، در چندسال اخیر، تفاهنامه‌ای با سازمان هواشناسی امضا شده تا مطالعات امکان‌سنجی باروری ابرها را با همکاری پژوهشکده سازمان هواشناسی و برای کل کشور انجام دهیم

❧ برای اینکه تصمیم بگیریم ابر خاصی را بارور کنیم، باید به چه عواملی توجه کنیم؟

اینگونه نیست که هر ابری قابلیت بارورشدن را داشته باشد، بلکه باید دارای ویژگی‌های مشخصی باشد یعنی ضخامت مشخصی داشته باشد، در ارتفاع مناسبی باشد (چون هواپیماهای ما نمی‌توانند در هر ارتفاعی پرواز کنند)، ابر باید رطوبت کافی داشته باشد، سرعت حرکت ابر هم نباید خیلی زیاد باشد. درجه حرارت ابر هم نباید خیلی کم یا خیلی زیاد باشد.

❧ آیا ارگان یا نهاد خاصی روی فعالیت‌های شما نظارت می‌کند؟

ما زیرمجموعه موسسه تحقیقات آب هستیم و زیرنظر وزارت نیرو فعالیت می‌کنیم.

❧ با توجه به اینکه باروری ابرها فقط در شرایط خاصی به نتیجه مطلوب می‌رسد، برخی در مورد کارایی این روش‌ها اظهار تردید می‌کنند و معتقدند سازمانی شبیه پلیس آب باید روی فعالیت‌های چنین سازمان‌هایی نظارت کند.

تا جایی که من می‌دانم، پلیس آب در زمینه بهره‌برداری از منابع آب فعالیت می‌کند، نه در زمینه روش‌های تامین آب. همان‌طور که می‌دانید، کشور آمریکا در زمینه باروری ابرها بسیار فعال و اولین کشوری است که فعالیت‌هایش را در این زمینه شروع کرد. براساس گزارش سازمان‌های جهانی در سال ۲۰۱۳، عملیات باروری ابرها به‌طور مستمر در ۱۹ ایالت آمریکا انجام می‌شد. این عملیات در برخی از ایالت‌ها سابقه ۴۰ساله دارد. پس می‌بینیم این عملیات نتیجه‌بخش بوده است. پیش از این، ما مطالعات مربوط به امکان باروری ابرها را به شکل موضعی و محلی و برای هر استانی که از ما درخواست می‌کرد، انجام می‌دادیم اما با توجه به دستاوردهای قابل‌توجه این مرکز، در چندسال اخیر، تفاهنامه‌ای با سازمان هواشناسی امضا شده تا مطالعات امکان‌سنجی باروری ابرها را با همکاری پژوهشکده سازمان هواشناسی و برای کل کشور انجام دهیم.

❧ در زمینه فعالیت‌های شما اقدام‌هایی هم مطرح شده است. برای مثال برخی گفتند برخلاف تصور، در اثر فعالیت‌ها شما از میزان بارندگی‌ها کم

تقویم تاریخ

سابقه بارورسازی ابرها در ایران تاریخچه کوتاه و پرتیر

سابقه بارورکردن ابرها در ایران به قبل از انقلاب می‌رسد. دولت یک‌بار در سال۴۶ تلاش کرد تا با همکاری آمریکایی‌ها، ابرهای ایران را بارور کند، اما به نتیجه‌ای نرسید. در سال۱۳۴۷ در ماده۱۹ قانون آب و نحوه ملی‌شدن آن، وزارت آب و برق آن زمان مکلف شد آب مورد نیاز کشور را از راه‌های مختلف و از جمله از راه باروری ابرها تامین کند. به این‌ترتیب وزارت نیرو بین سال‌های۵۳ تا ۵۷، با همکاری یک‌شرکت کانادایی و با استفاده از هواپیما و ترکیب پدید نقره، ابرهایی را که روی منطقه سد کرج و جابرسود بودند، بارور می‌کرد. بعد از انقلاب نیز بین سال‌های۶۸ و ۷۴، کار باروری ابرها به‌صورت زمینی و بیشتر در ارتفاعات شیرکوه یزد انجام می‌شد تا اینکه مرکز ملی باروری ابرها در سال۷۵ افتتاح شد و از سال۷۶ به بعد، کار خود را رسماً آغاز کرد. همکاری متخصصان روسی و فراهم‌شدن امکانات لازم از جمله دوهواپیمای آنتونوف و وسایل دیگری که برای تزریق و پرتاب ترکیب‌های شیمیایی به ابرها لازم بود، مرکز ملی باروری ابرها را برای انجام پروژه‌های مستقلی که اولین آنها در سال۱۳۷۱ اجرایی شد، آماده کرد. طی این سال‌ها شجاع عملیاتی و مساحت تحت‌پوشش منطقه بارورسازی ابرها، مرتب افزایش یافته است. در اولین سال، منطقه عملیاتی دایره‌ای به مرکز یزد و به شعاع ۲۰۰کیلومتر بود. در پروژه‌های بعدی شجاع عملیات به ۳۰۰، ۳۵۰ و ۲۰۰کیلومتر افزایش یافت که ناحیه تحت‌پوشش عملیات بارورسازی ابرها حدود ۵۰۰هزارکیلومترمربع معادل ۳۰درصد مساحت کشور ایران را شامل می‌شد. در فاصله سال‌های۱۳۷۸ تا ۱۳۸۵ نیز براساس موافقتنامه طرح ملی مطالعه و اجرای بارورسازی ابرها، فعالیت‌هایی برای گسترش این طرح انجام شد از جمله تجهیز دوفروند هواپیمای مخصوص بارورسازی ابرها، راه‌اندازی سه‌سایت رادار هواشناسی در استان‌های یزد، کرمان و اصفهان و آموزش کارشناسان ایرانی و انتقال فناوری و بومی‌سازی آن، اجرای پروژه گیلان-۲ در اردیبهشت، خرداد و تیرماه۸۷ اولین تجربه کارشناسان ایرانی در اجرای پروژه بارورسازی ابرها به‌صورت مستقل و بدون حضور کارشناسان خارجی است. پس از موفقیت در این برنامه، از دی‌ماه۸۷ تا اردیبهشت۸۸ دویپروژه مستقل دیگر نیز در فلات مرکزی و زاگرس و در ترتیب در استان‌های فارس، کرمان، یزد، قم، مرکزی و اصفهان با اعتبار ۲۰۰میلیاردریال و با استفاده از دوفروند هواپیما به اجرا درآمد.

مسئولان هدف از تشکیل این مرکز را تقویت برنامه‌های ابرهدری کشور در ارتباط با مدیریت ابرها و منابع آب جوی، استحصال آب از طریق اجرای پروژه‌های بارورسازی ابرها کسب علوم جدید فناوری بارورسازی دانش ابرها و تعدیل آب‌وهوا به‌منظور کسب استقلال جهت انجام تحقیقات، اجرای عملیات با استفاده از کلیه امکانات فنی و انسانی داخل کشور و پرورش نیروی انسانی متخصص برای انجام تحقیقات و اجرای عملیات بارورسازی ابرها و تعدیل آب‌وهوا اعلام کرده‌اند. دامنه فعالیت‌های داخلی پروژه‌های بارورسازی ابرها، ایجاد بانک اطلاعاتی غنی در ارتباط با وظایف تحقیقاتی مرکز، تجهیز و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مورد نیاز در زمینه فیزیک ابر و مواد باروری، ایجاد شبکه رادار هواشناسی به منظور پیش‌بینی وقوع بارش و ... اشاره کرد.

❧ با توجه به اینکه هزینه‌های مرکز شما زیاد است، برخی بر این باورند که

در مجموع بهره‌وری مرکز شما پایین است، به بیان دیگر به میزان هزینه‌های انجام‌شده، مفید نبوده است.

در مدت ۲۰ساله که از فعالیت این مرکز گذشته، در مجموع ۲۰میلیاردتومان هزینه شده است. ما هر سال مبلغ صرف‌شده در مرکز را بر میزان افزایش باران تقسیم می‌کنیم تا ببینیم هزینه افزایش هرترمکعب باران چقدر است. بر این اساس قیمت هرترمکعب افزایش باران حدود ۲۰ریال است که قیمت کمی است. البته در کنار این محاسبه، قیمت آب قابل استحصال را هم به‌دست می‌آوریم چون می‌دانید همه بارانی که می‌بارد، قابل استفاده نیست و بخش زیادی از آن هدر می‌رود و وارد منابع آب نمی‌شود. هزینه هر مترمکعب آب قابل استحصال هم ۲۰۰ریال است که این هم بسیار ارزان است.

❧ شما پیش از این گفتید هزینه فعالیت سالانه ما پنج میلیاردتومان است، اما الان می‌گویید در مدت ۵سال ما ۲۰میلیاردتومان هزینه کردیم.

در مدت ۱۵سال فعالیت مرکز، ما ۱۰سال عملیات باروری ابرها را انجام دادیم. ما در سال‌های اول فقط کارهای مطالعاتی و تحقیقاتی انجام می‌دادیم و اصلا برنامه برای عملیات نداشتیم مضاف بر اینکه هزینه عملیات در سال‌های گذشته بسیار کمتر از اسنال بود. هزینه امسال حدود پنج‌میلیاردتومان است در حالی که هزینه سال۱۳۹۱ حدود یک‌ونیم تا دو‌میلیاردتومان بود.

❧ برخی از کارشناسان هم مدعی هستند فعالیت‌های باران‌زایی خطرهایی هم برای محیط زیست دارد. شما چه پاسخی دارید؟

شاید شما به سخنان خانم دکتر «ابتکار» اشاره می‌کنید. خانم «ابتکار» در مورد برنامه‌ای که در دولت گذشته مطرح شده بود، صحبت کردند که برخی گمان کردند منظور مرکز ملی مطالعات باروری ابرهاست. منظور خانم دکتر «ابتکار» روش باروری ابرها به روش یونیزاسیون بود. در این روش از امواج برای یونیزکردن ابرها استفاده می‌شود. برخی بر این باورند که با این روش می‌توان میزان بارندگی‌ها را زیاد کرد در حالی‌که هیچ سامانه‌ای این روش را تایید نکرده است. خانم «ابتکار» به این طرح انتقاد داشتند. در حالی‌که روش کلی برای باروری ابرها را همه سازمان‌های مسؤول و صاحب‌نظر در این زمینه تایید کردند.

❧ یک‌بار کم مرکز شما گفته ما ابرها را بارور کردیم که ببارد، اما سازمان هواشناسی گفته خبر، این ابر باران ز بود و بارندگی آن ربطی به فعالیت‌های مرکز شما نداشته است.

اولا فعالیت ما تولید بارش نیست، بلکه تشدید بارش است، یعنی اگر ابری نبارد، ما نمی‌توانیم آن را وادار کنیم که ببارد اما اگر ابری آمادگی بارش داشته باشد، ما می‌توانیم میزان بارش را ۱۰ تا ۱۵درصد افزایش دهیم. هنوز بشر به این فناوری نرسیده است. ابری را که قابلیت بارش ندارد، وادار به بارش کند بنابراین مطالبی که گفته می‌شود، نتیجه سوءتفاهم‌هاست.

❧ مدتی پیش یکی از مسئولان عالی‌رتبه گفت بود کشورهای دیگر برای آنکه ما را تحت فشار قرار دهند، ابرها را بارور می‌کنند تا در پایان‌ها ببارد و در نتیجه این ابرها در ایران نبارند و ما دچار کم‌آبی شویم.

از نظر علمی چنین ادعاهایی رد می‌شود. سازمان جهانی هواشناسی می‌گوید هنوز بشر به این توانایی نرسیده است که ابر را وادار به بارش کند یا مسیر حرکت ابر یا سامانه را تغییر دهد. سازمان جهانی هواشناسی می‌گوید رابطه معنی‌داری وجود ندارد که در اثر بارش در بالادست، از میزان بارش در پایین‌دست کم شده باشد. البته در ه‌رصورت چنین ادعاهایی باید بر مبنای تحقیقات علمی باشد.

❧ مردم در مورد فعالیت‌های مرکز شما به طنز می‌گویند ایران فقط یک‌بار توانسته ابرها را بارور کند که آن‌هم به دلیل اشتباه و خطا در محاسبه، ابر در افغانستان باریده است.

این موضوع هم از نظر علمی رد می‌شود. سرعت حرکت ابرها به طور متوسط ۴۰کیلومتر است. البته سرعت سامانه بارشی ممکن است به ۸۰کیلومتر هم برسد. سرعت توفان فلفلگیرکننده خرداد پارسال در تهران در سطح زمین ۲۰کیلومتر بود. ۳۵دقیقه تا دوساعت بعد از باروری هم ابر شروع به باریدن می‌کند. پس با در نظرگرفتن سرعت ۸۰کیلومتر بر ساعت، ابر پیش از بارش حدود ۴۰ تا ۱۶۰کیلومتر از منطقه باروری دور می‌شود. این مقدار با فاصله هزار و دوهزارکیلومتر بین کشورها فاصله زیادی دارد.

نگاه نو

نگاهی کوتاه به انواع روش‌های تولید باران مصنوعی برقرار ابرهای پشته‌ای

محمدرضا گلزار

بشر از ابتدای حضور در عرصه جهان ناچار بود که خود را با وضعیت محیط اطراف هماهنگ و سازگار کند و اگر کسی در تلاش برای این سازگاری ناموفق بود، سرنوشت خوشایندی نمی‌یافت، اما پس از آنکه تجربه‌هایی به دست آورد و توانست تا حدودی با محیط پیرامون خود آشنا شود، تصمیم گرفت به‌جای آنکه خود را با محیط سازگار کند، وضعیت و شرایط نامساعد زیست‌محیطی اطراف خود را تغییر دهد و به دلخواه خود درآورد. در همین مسیر بود که کشاورزی را آموخت و توانست حیوانات را اهلی کند اما دشواری‌های بسیار دیگری همچنان حل‌نشده باقی مانده بود. پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوایی و تغییر آن در صورت امکان، یکی از بزرگ‌ترین رویاهای بشر در طول تاریخ بود. تلاش مصریان باستان برای پیش‌بینی طغیان رود نیل و مهار آن، هیچ‌گاه از ذهن تاریخ پاک نمی‌شود. پیش‌بینی وضعیت آب و هوا و همچنین دستکاری در وضعیت آن (همانند وادارکردن ابرها برای باریدن) یکی دیگر از این رویاها بود. بشر اگرچه در طول تاریخ توانست به پیشرفت‌های قابل‌توجهی نیز دست یابد، اما ماهیت متغیر هوا و ویژگی‌های دینامیکی آن چیزی نبود که بتوان به آسانی بر آن چیره شد، به‌ویژه آنکه عدم شناخت و ارزیابی ناکافی انسان در این زمینه، مزید بر علت شده بود و به همین دلیل نتوانست در تعدیل پدیده‌های نامساعد جوی به موفقیت‌های چندانی دست یابد. این رویا در نیمه دوم قرن بیستم عملی شد و بشر توانست راه‌های عملی برای باران‌زایی ابرها بیابد.

تولید باران مصنوعی

تولید باران با استفاده از هر عمل مصنوعی که با تحریک و تغییر در فرآیندهای درونی ابر همراه باشد، باروری ابر نامیده می‌شود. معمولاً باروری ابرها با اضافه‌کردن موادی خاص به‌نام عامل‌های باروری انجام می‌شود. مهم‌ترین هدف برای باروری ابرها، افزایش میزان بارش، جلوگیری از بروز بلایای طبیعی از قبیل سیل، تگرگ، رعدوبرق، انتقال زمانی و مکانی بارش، زدودن مه مزاحم، تعدیل آب‌وهوا، تولید برف در ارتفاعات و... است. هم‌اکنون حدود ۴۰ کشور جهان، برنامه‌هایی را برای باروری ابرها انجام می‌دهند. جو زمین همیشه حاوی مقادیر متغیری از بخار آب است. مقدار این بخار آب، رابطه مستقیمی با دمای هوا دارد. در دماهای بالاتر، جو ظرفیت بیشتری برای پذیرش و حمل آب دارد و هرچه دما کمتر شود این ظرفیت نیز کاهش می‌یابد به نحوی که در دماهای پایین‌تر میزان بخارآب موجود در هوا بیش از مقدار آن در حالت اشباع می‌شود. در نتیجه ذرات اضافی بخارآب، کم‌کم به یکدیگر متصل شده و قطره‌های کوچک آب را به وجود می‌آورند و از قیبه توده



هوا جدا می‌شوند. در این حالت ذره ذره بخار آب به یکدیگر متصل شده و هسته‌هایی را پدید می‌آورند که موجب شکل‌گیری قطره‌های بزرگ باران می‌شود. در این حالت می‌توان گفت بخار آب موجود در هوا در اثر پدیده میعان، به قطره‌های کوچک آب تبدیل شده است. همه ما، ابرهای را که در مقدار زیادی قطره‌ها باران با خود داشته باشند و آماده بارش باشند، به شکل ابرهای متراکم و سیاه‌رنگ می‌شناسیم. بهترین روش برای بارورکردن ابرها و ایجاد شرایطی برای بارش بهتر و بیشتر، تقلید از همان فرآیندهای طبیعی است که در ابرها مشاهده می‌شود. در این روش موادی را به ابرهای آماده بارش اضافه می‌کنند تا تعداد زیادی هسته‌های میعان در ابر پدید آید. موادی که برای تشکیل هسته‌های میعان به ابر اضافه می‌کنند، عامل بارور کننده نام دارد. عامل بارورکننده ابرها برحسب دمای ابر تفاوت دارد. در ابرهای سرد (که دمای ابر زیر صفردرجه است)، از یخ خشک (کربن‌دی‌اکسید جامد) و یدید نقره و در ابرهای گرم (که دمای ابر بالای صفر درجه است)، از فترات آب و نمک طعام استفاده می‌شود.

روش‌های باروری ابرها

برای باروری ابر از درووش مختلف هوایی و زمینی استفاده می‌شود. روش هوایی، بیشتر برای فصل تابستان مناسب است که خود به سه‌طریق باروری در پایه ابر، باروری درون ابر و باروری تاج ابر صورت می‌گیرد. در مناطق کوهستانی، درفصل زمستان هم می‌توان از روش باروری زمینی استفاده کرد. در روش هوایی، مواد لازم برای تولید هسته‌های میعان را با استفاده از هواپیما به ابر تزریق می‌کنند. حدود ۴۵دقیقه بعد از شلیک گلوله‌های حامل یدید نقره توسط هواپیما با راکت به درون ابر (در صورت فراهم بودن شرایط عوامل و شرایط)، ابر شروع به باریدن می‌کند. در نظر داشته باشید که در این مدت، ابر از مکانی که عوامل باروری به آن تزریق شده بود، فاصله می‌گیرد. به همین دلیل مکان تزریق این مواد باید به وقت انتخاب شود تا باران در همان محل مورد نیاز ببارد. در ایران از دورووش برای بارور کردن ابرها استفاده می‌شود که یکی روش باروری قله ابر و دیگری باروری درون ابر است. برای باروری قله ابر از گلوله‌های پرتابی یدید نقره استفاده می‌کنند، چون هنگام اجرای عملیات، می‌توان ابر و محل مناسب آن را دید و عامل باروری، سریع‌تر و با دقت بیشتر به ابر تزریق می‌شود. روش دیگر در کشورمان، تزریق افقی نیتروژن مایع است. گلوله‌های یدیدنقره پرتاب‌شده، هسته‌ها یخ مصنوعی را وارد منطقه فوق سرد ابری می‌کنند و نیتروژن مایع با ایجاد سرمایای شدید در ابر، هسته‌های یخی تولید می‌کند.

ملاحظاتای درباره باروری ابرها

در هر عملیات باروری، از مقدار ناچیزی یدیدنقره یا دیگر عوامل هسته‌ساز و باروری استفاده می‌شود. در سال‌های گذشته، شک و تردیدهایی در مورد احتمال آسیب‌زدن این مواد به محیط‌زیست و تهدید سلامت انسان‌ها و جانداران مطرح شده است. البته تحقیقاتی که تاکنون در نقاط مختلف دنیا انجام شده، هیچ‌گونه عوارض زیست‌محیطی را نشان نداده‌است. مهم‌ترین دلیل آن هم کم و ناچیزبودن موادی است که در این روش‌ها استفاده می‌شود. در روش استفاده از نیتروژن مایع هم هیچ‌گونه نگرانی وجود ندارد؛ چون نیتروژن پس از انتشار در هوا، به‌سرعت به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود که یکی از اجزای طبیعی هوا بوده و بدیهی است که هیچ‌گونه آلودگی ایجاد نمی‌کند.