



رئیس سازمان هواشناسی:

### بارورسازی ابرها بحران آب کشور را حل نمی‌کند

رئیس سازمان هواشناسی کشور با تأکید بر اینکه بارورسازی ابرها تأثیر آشکاری بر جبران کم‌بارشی و خشکسالی کشور ندارد، موضع این سازمان را در مورد باروری ابرها اعلام کرد و نسبت به خطرات ناشی از باروری هشدار داد.

به گزارش روابط عمومی سازمان هواشناسی کشور به نقل از گزارش ایسنا، باروری ابرها ( cloud seeding) نوعی رفتار هوشمندانه با ابر در جهت افزایش بارش است که معمولاً از طریق پاشیدن یدور نقره (silver iodide) به داخل ابر و به منظور افزایش تعداد هسته‌های میعان یا تراکم ( nuclei) ابر انجام می‌شود.

پاشیدن یخ خشک به داخل ابر نیز روش دیگری است که برای بارورسازی ابر انجام می‌شود. در این روش، یخ به دلیل دمای بسیار پایین شروع به تبخیر می‌کند و این تبخیر هم‌زمان باعث سردتر شدن و اشباع بسته هوا و رشد بلورهای یخ داخل ابر می‌شود. شیوه سوم برای تحریک ابرها، تقویت حرکت‌های صعودی داخل ابر به شکل مصنوعی است. فرآیند ایجاد بارش به چند عامل مانند رطوبت کافی، حرکت‌های صعودی، وجود قطرک‌های باران یا کریستال‌های یخ و توزیع و اندازه مناسب آن‌ها در داخل ابر، وجود هسته‌های میعان و در نهایت فرآیند چگالش بستگی دارد که در صورت وجود همه این مولفه‌ها در ابر، بارش صورت می‌گیرد.

پیشینه بارورسازی یا تحریک ابرها برای تولید باران مصنوعی در دنیا به ۷۰ سال پیش و در کشور ما به ۴۰ سال پیش برمی‌گردد که در تمام این سال‌ها، استان یزد به عنوان یکی از اصلی‌ترین مناطق برای انجام باروری ابرها انتخاب شده است.

گرچه بارورسازی ابرها پیش از این نیز مورد توجه رسانه‌ها قرار گرفته اما چون تمرکز اخیر وزارت نیرو بر اجرای طرح بارورسازی ابرها در مناطق مرکزی کشور است، بار دیگر لازم است تأثیر بارورسازی ابرها در افزایش میزان بارش و جبران کم‌بارشی و خشکسالی مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور ایسنا طی گفت‌وگویی مشروح با رئیس سازمان هواشناسی کشور به ابهامات علمی درباره این طرح پرداخته است.

داود پرهیزکار- معاون وزیر راه و شهرسازی و رئیس سازمان هواشناسی کشور- معتقد است بارورسازی ابرها تأثیر آشکاری بر جبران کم‌بارشی و خشکسالی کشور ندارد.

وی همچنین با تاکید بر این که رادارهای شناسایی وضعیت خردفیزیک ابر در کشور ما وجود ندارد، نسبت به تاثیر منفی باروی ابرها هشدار می‌دهد و می‌گوید: اگر بدون شناخت دقیق ابر نسبت به بارورسازی اقدام و به اشتباه هسته های تراکم زیادتر از نیاز وارد ابر کنیم؛ نه تنها در افزایش بارش موفق عمل نکرده‌ایم بلکه حتی ممکن است با این عمل باعث کاهش مقدار طبیعی بارش ابر شویم.

مشروح گفت وگویی ایسنا با رئیس سازمان هواشناسی کشور در این زمینه به شرح زیر است:  
**\*\*به عنوان اولین سنوال از شما می‌خواهم که با توجه به تخصصتان در حوزه هواشناسی و بر اساس نتایج تحقیقات و برآوردهای سازمان هواشناسی، ارزیابی خود را درباره میزان موفقیت طرح باروری ابرها اعلام کنید.**

سازمان هواشناسی قطعاً به شکلی که وزارت نیرو به بارورسازی ابرها اعتقاد دارد به این کار معتقد نیست و این سازمان بارها نظرات خود را در این مورد اعلام کرده است و تاکید دارد که بارورسازی ابرها نیاز شدیدی به مطالعات دقیق میکروفیزیک ابر دارد. واقعیت این است که برای انجام بارورسازی ابر باید رادارهای ویژه‌ای برای شناسایی مشخصات و رفتار ابر در کشور داشته باشیم که در حال حاضر از چنین رادارهایی برخوردار نیستیم.

**\*\*به دلیل ارتباط تنگاتنگ طرح بارورسازی ابرها با مسائل جوی آیا سازمان هواشناسی در اجرای این طرح با وزارت نیرو مشارکت دارد؟**

سازمان هواشناسی ۲۰ سال پیش که اجرای مجدد این طرح در ایران آغاز شد؛ همکاری نزدیک‌تری با وزارت نیرو در این زمینه داشت اما چون هیچ یک از بررسی‌های سازمان هواشناسی موبد موفقیت طرح بارورسازی در حیران کم بارشی و خشکسالی حتی در یک منطقه محدود نبود؛ به همین علت سال‌هاست که دیگر سازمان هواشناسی در این طرح دخالتی ندارد، البته هواشناسی اطلاعات جوی مورد نیاز را در اختیار وزارت نیرو قرار می‌دهد و این وزارتخانه خود به تنهایی این پروژه‌ها را دنبال می‌کند. سازمان هواشناسی با قاطعیت می‌گوید که باروری ابرها مشکل بحران آب کشور را حل نمی‌کند.

**\*\*پس با باروری ابرها موافق نیستید؟**

مسلماً با دیدگاهی که در کشور ما در مورد بارورسازی ابرها وجود دارد و معمولاً پاشیدن یدور نقره در ابر، ملاک قرار می‌گیرد؛ موافق نیستیم. واقعیت این است که وقتی دنبال پاشیدن یدور نقره به داخل ابر هستیم؛ در حقیقت این اطمینان را می‌دهیم که سایر مولفه های لازم مثل رطوبت و جریان صعودی برای شکل‌گیری بارش وجود دارد و تنها سعی داریم با پاشیدن یدور نقره تعداد هسته‌های میعان داخل ابر را بالا ببریم اما باید بدانیم که تشخیص کم بودن تعداد هسته‌های میعان در ابر، نیاز به مطالعات راداری دارد تا وضعیت خردفیزیک ابر آشکار شود. طبیعی است اگر بدون داشتن این اطلاعات، بارورسازی ابرها را انجام دهیم؛ در حقیقت چشم بسته عمل کرده و وارد یک فضای تاریک شده ایم و طبیعتاً ریسک این عمل بسیار بالاست.

**\*\*منظورتان از رفتار ابر یا شناخت میکروفیزیک ابر چیست؟**

برای روشن شدن اهمیت اطلاعات راداری و پیچیده بودن رفتار ابر نظر شما را به یک مثال ساده جلب می‌کنم. در نظر بگیرید اگر داخل یک ابر ۱۰۰ قطره آب (قطرک) وجود داشته باشد و قرار باشد این قطرک‌ها را به باران تبدیل کنیم باید هر ۱۰ قطرک به کمک یک هسته تراکم، در کنار هم قرار بگیرند و به حد کافی سنگین شوند تا بتوانند به شکل باران از ابر خارج شوند بنابراین برای ۱۰۰ قطرک به ۱۰ هسته تراکم نیاز داریم و اگر در ابری که ۱۰۰ قطره آب وجود دارد به جای ۱۰ هسته تراکم پنج هسته تراکم وجود داشته باشد؛ نیاز است پنج هسته تراکم دیگر به این ابر اضافه کنیم تا بقیه قطرک‌ها هم به شکل باران پایین بیایند.

حالت دیگر این است که در یک ابر با ۱۰۰ قطرک، به جای ۱۰ هسته تراکم، ۲۰ هسته وجود داشته باشد که در این شرایط سهم هر هسته ۵ قطرک است که به خود جذب می‌کند اما چون این هسته‌ها

به حد کافی سنگین نمی‌شوند؛ نمی‌توانند از ابر خارج شوند. این وضعیت در صورتی پیش می‌آید که بیش از حد نیاز ابر، هسته تراکم به آن تزریق کنیم که این وضعیت خطرناک است. اگر در نتیجه مطالعات میکروفیزیک ابر محرز شود که ابر نیاز به هسته‌های تراکم ندارد اما باز هم بدور نقره به ابر تزریق شود؛ در حقیقت برای فعالیت همان ۱۰ هسته تراکم موجود در ابر که می‌توانستند با جذب قطرک‌ها منجر به بارش شوند؛ مزاحمت ایجاد کرده‌ایم و مانع فعالیت همان هسته‌های تراکم موجود در ابر شده‌ایم. در این صورت این هسته‌ها، داخل ابر شناور می‌مانند و از روی ایران خارج می‌شوند.

همین مثال ساده نشان می‌دهد که بارورسازی ابر اصلاً کار ساده‌ای نیست بلکه بالعکس حساسیت کار بسیار بالاست و اصلاً نمی‌توان ادعا کرد تنها با پاشیدن بدور نقره می‌توان ابرها را بارور کرد بلکه قطعاً باید اطلاعات خردفیزیکی ابر در اختیار باشد و به عبارت ساده‌تر نسبت به رفتار ابر آگاهی کافی وجود داشته باشد. بنابراین باروری ابرها باید بسیار حساب شده و با اطلاع دقیق از رفتار ابر صورت گیرد. در غیر این صورت نه تنها بارش افزایش نمی‌یابد بلکه حتی همان بارشی که قرار بود به شکل طبیعی داشته باشیم، از کشور خارج می‌شود.

**\*\*آقای دکتر لطفاً در مورد تجربه‌های جهانی در زمینه باروری ابرها نیز توضیح دهید؟ دیدگاه کشورهای پیشرفته و پیشنهاد نسبت به اثربخشی این روش در ایجاد ترسالی چیست؟**

طی ۷۰ ساله که از عمر بارورسازی ابرها در جهان می‌گذرد، کشورهای بسیار زیادی به این حوزه ورود کرده‌اند و سعی داشتند به روش‌های مختلف، مقدار بارش را در مناطق خود بالا ببرند. نتایج همه این تلاش‌ها منجر به انتشار مقالات متعدد در مجلات علمی جهان شد و جالب این‌که در میان این مقالات متعدد، حتی یک مقاله یافت نمی‌شود که ادعا کند از طریق بارورسازی ابرها، مشکل کم‌آبی حتی در یک منطقه کوچک و در یک بازه زمانی کوتاه حل شده است. جالب این‌که در بسیاری از این مقالات به ویژه مقالاتی که اخیراً منتشر شده به این نتیجه رسیده‌اند که باروری ابرها راه حل رفع مشکل خشکسالی و کم‌آبی نیست. بنابراین کشورهایی که در دنیا صاحب تکنولوژی بارورسازی ابرها هستند این شیوه را رها کرده و سراغ مدیریت منابع آب رفته‌اند. مثل آمریکا؛ کشوری که هم تکنولوژی انجام این طرح را دارد و هم به خشکسالی مبتلا است اما این روش را کنار گذاشته است بنابراین راه حل برطرف کردن خشکسالی، بارورسازی ابرها نیست.

**\*\*اشاره کردید که در ایران سابقه انجام بارورسازی ابرها به ۲۰ سال پیش و حتی به قبل از انقلاب برمی‌گردد. این کار چه نتایجی داشت؟ آیا این طرح می‌تواند مشکل خشکسالی را در کشور ما حل کند؟**

بله، در ایران هم ۲۰ سال است که وزارت نیرو این کار را انجام می‌دهد و در تمام این مدت این شیوه را در مناطق خشک و کم‌بارش از جمله یزد انجام داده است اما پرسش اصلی این است در استانی مثل یزد که سابقه بارورسازی ابرها به ۲۰ سال پیش بر می‌گردد آیا مشکل خشکسالی و کم‌آبی حل شده است؟ یا آب مورد نیاز آن از جاهای دیگر تامین می‌شود؟ اگر مشکل خشکسالی یزد بعد از ۲۰ سال بارورسازی ابرها در این استان حل شده باشد؛ دیگر نباید به دنبال انتقال آب از جاهای دیگر به این منطقه باشیم. این‌ها سنوالاتی است که وزارت نیرو باید نسبت به آن‌ها پاسخگو باشد.

واضح است که ما در سال‌های گذشته به همان نتایجی رسیدیم که کشورهای دیگر بدان رسیدند. برایمان محرز شد که باروری ابرها راه حل برطرف کردن مشکل خشکسالی کشور نیست و از این طریق نمی‌توانیم مشکل کم‌آبی کشور را کمرنگ کنیم.

**\*\*آقای دکتر پرهیزکار آیا برای بارورسازی ابرها به شرایط جوی و اقلیم خاصی نیاز داریم؟**

بله. طبیعتاً و در هر اقلیمی از جمله اقلیم خشک نمی‌توان کار باروری ابر را انجام داد. برای روشن شدن این مسئله باید بدانیم که ابرها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. یک دسته ابرهای جبهه‌ای که با سامانه‌های بارشی وارد کشور می‌شوند و معمولاً مولفه‌های لازم برای شکل‌گیری بارش را در خود

دارند و نیازی به تحریک مصنوعی ندارند. دسته دوم، ابرهایی که بحث باروری روی آنها مطرح است؛ ابرهای منفرد هستند. این ابرها در مناطق کوهستانی برای یک مقطع کوتاه بویژه در بعد از ظهرها شکل می‌گیرند که عمل باروری روی این ابرها بیشتر جواب می‌دهد. باید دقت کنیم که ابرهای منفرد در یک منطقه کوچک و در یک بازه زمانی کوتاه شکل می‌گیرند بنابراین یک فرصت کوتاه برای باروری این ابرهای منفرد وجود دارد.

**\*\*اشاره کردید که ابرهای منفرد در مناطق کوهستانی شکل می‌گیرند پس چگونه قرار است باروری ابرها در مناطق مرکزی کشور انجام شود؟**

همین موضوع چالش مهمی است چون در مناطق مرکزی ایران سطح مناطق کوهستانی بسیار محدود و بیشتر به حالت دشت هستند و ابرهای منفرد کمتر تشکیل می‌شوند بنابراین در این مناطق، باروری ابرهای منفرد خیلی معنادار نیست و اگر قرار باشد ابرهای جبهه‌ای را در این منطقه بارور کنیم؛ این کار هم بی‌معناست چون در ابرهای جبهه‌ای جریانات صعودی و رطوبت به حدی است که نیازی به بارورسازی و تحریک ندارد.

در این میان یکی از مسائل مهم که باید به آن توجه کنیم این است که جو ایران و خاورمیانه پر از هسته‌های میعان است و ذرات گرد و خاک خود هسته‌های تراکمی هستند که باعث تحریک ابرها می‌شوند، بنابراین اگر با وجود تعداد بالای هسته میعان، بخواهیم با پاشیدن یدور نقره هسته‌های تراکم دیگری در ابرها ایجاد کنیم؛ باعث کاهش توان بارشی ابر می‌شویم و در نتیجه تحت این شرایط خروجی ابر منفی خواهد بود.

**\*\*در صورت موفقیت در بارورسازی ابرها، این طرح تا چه حد بر افزایش بارش تاثیرگذار خواهد بود؟ یا اگر بخواهم روشن‌تر بپرسم باید بگویم چه مقدار آب در این ابرهای منفرد وجود دارد که بخواهیم آنها را بارور کنیم؟**

این ابرها آب قابل توجهی ندارند که بخواهیم با کار بارورسازی، آنها را مجبور به بارش کنیم بنابراین آب استحصال شده از این ابرها بسیار محدود است و اصلاً چشمگیر نیست و اگر این ابرها را بارور کنیم چیزی تحت عنوان آب قابل استحصال دست ما را نخواهد گرفت. مخصوصاً در مناطقی مثل خاورمیانه که خشک و نیمه خشک هستند. به عبارت روشن‌تر در نتیجه باروری ابرها ۵ تا ۱۵ درصد آبی که در ابر منفرد وجود دارد قابل استحصال خواهد بود. ضمن این‌که تعداد ابرهای منفرد نیز بسیار کم است و بارش از ابرهای منفرد حتی در صورت بارورسازی نسبت به ابرهای جبهه‌ای که در سیستم‌های جوی شکل می‌گیرند؛ بسیار ناچیز است.

**\*\*علاوه بر ریسک‌های موجود در اجرای طرح بارورسازی ابرها، آیا این طرح اثر مخرب زیست محیطی دارد؟**

اگر از روش یدور نقره برای باروری استفاده کنیم، در بلند مدت می‌تواند خطرانی را برای آب و خاک داشته باشد، چون این ماده سمی است و از طریق آب و خاک وارد دریا و دریاچه‌ها می‌شود و در نهایت حتی به موجودات دریایی آسیب می‌رساند.

**\*\*از هزینه‌های مربوط به عملیات باروری ابرها اطلاع دارید؟**

من در جریان دقیق اعتبار مورد نیاز برای انجام باروری ابرها نیستم اما می‌دانم که مبالغ بسیار سنگینی نیاز است تا چنین کاری انجام شود. معمولاً در تمام دنیا در مقالات اشاره می‌شود که این پروژه بسیار پر هزینه است و حتی در صورت توفیق این طرح، با توجه به میزان اثرگذاری آن صرفه اقتصادی ندارد و بیش‌تر مقالات علمی چاپ شده در دنیا این موضوع را تایید می‌کنند.

**\*\*آقای دکتر پرهیزکار شما رئیس سازمان هواشناسی کشور هستید و لابد بیش از هر کسی نسبت به وضعیت کم آبی و خشکسالی کشورمان مطلعید و اگر از نظر شما باروری ابرها راه چاره برای بحران کم آبی نیست چه راهکاری را برای مقابله با این معضل پیشنهاد می‌کنید؟**

راهکار اول این است که نباید با اقلیم ایران بجنگیم بلکه باید آن را بشناسیم و با آن سازگاری کنیم. پیگیری طرح‌هایی مثل بارورسازی ابرها نشان می‌دهد که نمی‌خواهیم واقعیت‌های اقلیم ایران و خاورمیانه را بپذیریم.

نکته مهم دیگر این است که جریانات جوی بسیار پیچیده و قوی هستند و خوشبختانه انرژی جوی به حدی است که تاکنون بشر نتوانسته آن را تحت کنترل خود در آورد و روی آن اثرگذار باشد. همین قدرت بالای جو است که شرایطی را به یک سری نقاط مثل منطقه خاورمیانه تحمیل می‌کند و اقلیم آن را خشک و نیمه خشک ساخته است. بنابراین گردش کلی جو شرایط مورد نظر خود را دیکته می‌کند و چون انرژی جو بسیار زیاد است، بشر به هیچ وجه نمی‌تواند با آن مقابله یا مبارزه کند یا آن را منحرف کند و تغییر دهد.

در نتیجه راهکار اصلی این است که ضمن شناسایی اقلیم خودمان با آن سازگاری داشته باشیم. باید بپذیریم که در کجا زندگی می‌کنیم و بدانیم که زندگی در منطقه خشک و نیمه خشک شرایط خاص خود را دارد و نمی‌توان توقع زندگی همراه با میزان بارش بالا مشابه قاره اروپا یا مناطق حاره‌ای را در منطقه خاورمیانه داشت.

در نتیجه آنچه در مناطق خشک و نیمه خشک ارزشمند جلوه می‌کند، آب شیرین است. برای همین هم هر گونه توسعه در کشور ما باید حساب شده و در تمامی ابعاد متوازن با توان اقلیمی منطقه باشد و بر اساس تعریف توسعه پایدار، توسعه اقتصادی-اجتماعی باید به حدی باشد که محیط زیست لطمه نخورد.