

مکانیسم باروری ابرها

علی براتیان

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان

مقدمه

بشر از دیرباز و پیش از آنکه به فکر تولید باران باشد، در صدد جلوگیری از رگبارهای سیلابی و طوفان بوده و آرزو داشته که روزی اختیار وضع هوا و وقوع پدیده‌های جوی را در دست داشته باشد.

در سالهای اخیر، مجدداً مباحث زیادی درباره باران مصنوعی مطرح شده است، چنین تصویری رود یا حتی وعده داده می‌شود که می‌توان به دلخواه و صرف‌نظر از مکان و زمان، باران مورد نیاز را تولید نمود.

این امر امیدواری و انتظار بیشتری را در خصوص بارش مصنوعی برای جامعه بشری ایجاد کرده است. امروزه با توصیه سریع دانش هواشناسی و نیز پیشرفتهایی که در فناوری، تبادل داده‌ها روی داده، فکر دخالت در رخدادهای جوی به طور جدی از عالم آرزو وارد قلمرو تحقیق و تجربه شده است. اما تاکنون هواشناسان به این نتیجه رسیده‌اند که تنها در مقیاس محدود و کوچک می‌توان مقدمات تسریع یا تأخیر پاره‌ای از آثار جوی را فراهم آورد.

در دهه‌های اخیر به منظور نیل به اهدافی چون ایجاد مصنوعی بارش، زدودن مه (به ویژه در فرودگاهها) و نیز سبک کردن تگرگ، کوششها و مطالعات زیادی برای تغییر دادن آهنگ طبیعی فرایندهای میعان و بارش به عمل آمده است که تمامی آنها متکی به دانش کنونی بشر در زمینه فیزیک ابر می‌باشد. شروع فرایندهای بارش (جامد یا مایع) به وجود قطره‌های آب و هسته‌های بارش ساز در اندازه‌های مناسب و به تعداد کافی در واحد حجم نیازمند است.

برای بارورسازی و ایجاد باران مصنوعی در ابرهای گرم (ابرها) با دمای بالاتر از صفر درجه سلسیوس) از ذرات نمک معمولی و قطره‌های آب و در ابرهای سرد (ابرها) با دمای زیر صفر درجه سلسیوس) از بلورهای یخ، یخ خشک، یسید نقره، خاکهای معدنی و گردوغبار آتشفشانها به عنوان هسته‌های بارش ساز استفاده می‌شود و اخیراً نیز کاربرد شیوه‌های جدیدتری چون استفاده از دی اکسیدکربن مایع تحت آزمایش و بررسی است.

مشکل عمده‌ای که آزمایشهای بارورسازی با آن مواجه هستند، ارزیابی نتایج آنها است. شک نیست که بارش ابرهای منفردمانی توان به کمک عملیات بارورسازی، بهبودبخشیدولی نکته مهم این است که خوداز پیش

توانایی (یا تقریباً توانایی) تولید بارش طبیعی رداشته باشند و از آنجا که بارش طبیعی کاملاً تابع شرایط مکانی و زمانی می‌باشد، نمی‌توان مطمئن بود که اگر چنین ابری بارور نشده بود، بارش هم نمی‌داد و یا برعکس این که آیا بر مور دنظر (یا مقداری از آن) دوائر عملیات بارورسازی بوده است؟ بنابراین به نظر می‌رسد، تنها آزمایشهای کنترل شده به وسیله ارزیابی‌های آماری، مناسب می‌باشد. البته ممکن است قبل از آن که ابر به مرحله رشد و گسترش خود رسیده باشد، به کمک عملیات بارورسازی آن رابه بارش واداشت و یا اینکه حتی مقدار بارش را کاهش داد و یا زمان آن را نیز عوض کرد. این روش در عملیات مربوط به جلوگیری از بارش تگرگ و نیز تلاشهایی که برای تضعیف طوفانهای مخرب انجام می‌شود، به کار گرفته شده است.

از روش هسته پاشی، بررسی انجام عملیات مه زدایی در فرودگاهها، جاده‌ها، زمینهای ورزشی و... نیز استفاده می‌شود. به طور کلی فناوری بارورسازی ابرها در مقوله تعدیل آب و هوا در سه محور اصلی مورد توجه محققین قرار گرفته است که عبارتند از:

۱- کنترل محدود و مقطعی بارش

۲- مه زدایی

۳- تگرگ زدایی

با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی مناطق مختلف و همچنین ویژگیهای جغرافیایی و توپوگرافی هر منطقه یک روش همراه با ماده بارورساز منحصر بفرد برای همه مناطق جغرافیایی و شرایط آب و هوایی نمی‌توان معرفی کرد.

تاریخچه

انجام آزمایش جهت باروری ابر اولین بار در ۱۳ نوامبر ۱۹۴۶ توسط وین سنت شیفرد صورت گرفت. شیفرد حدود ۱/۵ کیلوگرم یخ خشک (CO₂) را توسط یک هواپیمای سبک از قسمت فوقانی ابرکومه‌ای عدسی سا ابر سرد در نزدیکی کوههای برکشایر در غرب ماساچوست رها نمود ۵ دقیقه بعد ابر موجود به دانه‌های برف تبدیل شد که در اینجا دانه‌ها قبل از اینکه فرایند نهشت کاملاً انجام شود در حدود ۶۰۰ متر به درون هوای خشک زیر کف ابر نفوذ کردند.

بارش با ۲۸ پرواز در ارتفاعات شیرکوه و بخشی از استانهای کرمان و فارس به مرحله اجراء درآمد ولی گزارشی در مورد تأثیر آن منتشر نگردید. در سال ۱۳۷۷ نیز سازمان هواشناسی با تشکیل شورای پژوهشی هواشناسی فیزیکی و تعدیل آب و هوا فعالیت خود را در زمینه مطالعات باروری ابر شروع نموده که دبیرخانه این شورا در مرکز تحقیقات هواشناسی فیزیکی و تعدیل آب و هوای استان یزد مستقر می‌باشد.

ساز و کار بارش

توده هوایی ابر در حال صعود، ممکن است به سطح دمای صفر درجه جو نرسد، یعنی بخار آب در اثر چگالش به صورت قطره‌هایی که از نظر شکل و اندازه ناهمگن هستند باقی بماند که در این حالت آن را ابر گرم گویند. یا اینکه در اثر رشد قائم، بخشی از آن و یا تمامی آن در بالای تراز انجماد (صفر درجه) رسیده، و در این شرایط، حالات مختلف آب، یعنی بخار، قطره و بلور یخی به صورت آزاد، در مجاورت هم قرار گیرند. این نوع ابرها را ابرهای سرد یا ابرهای آمیزی گویند. البته عمل انجماد قطره‌ها و یا تصعید بخار آب و تبدیل آنها به یخ در ابرهای سرد، به آسانی صورت نگرفته، و در شرایطی ممکن است که ابر تا حدود ۵- تا ۱۵- درجه سانتیگراد و حتی بیش از این سرد شود، اما بلورها و ذرات یخ ظاهر نشوند که به این شرایط فراسردی گویند.

ساز و کار و چگونگی وقوع بارش از هر یک از ابرهای سرد و گرم تا حدودی متفاوت است. در ابرهای گرم پس از عمل تراکم، قطره‌های ناهمگن، در اثر برخورد در حین سقوط یکی شده و بدین ترتیب رشد می‌یابند. وقتی که قطره‌ها، از نیم میلیونتر تجاوز کنند، در این صورت فرایند ادغام نقش مهمی را در تشکیل و رشد قطرات باران ایفا می‌کنند. به هر صورت هسته‌های چگالش نقش مهمی را در تشکیل نطفه‌های بارش به عهده دارد. اما در مورد ابرهای سرد و فوق سرد و چگونگی تشکیل بارش در آنها نظریه‌های دیگری ارائه شده که مهمترین آنها نظریه پرژورون است. بر اساس این نظریه در واقع دوین منشأ نطفه‌های بارش، ابرهای آمیزی هستند. در ماهای پایین تا حد تقریبی ۴- درجه سانتیگراد به علت کمبود هسته‌های طبیعی انجماد، قطره‌های ابر، غالباً به صورت فراسرد باقی می‌مانند در این صورت ذرات یا بلورهای موجود در ابر فراسرد به علت اختلاف در فشار بخار اشباع در روی قطره‌های آب و ذرات آب حاصله بر روی ذرات مذکور می‌نشینند. از این رو به آنها هسته‌های انجماد (Icing nuclei) نیز می‌گویند. آزمایشها و تجربیات متعددی نشان داده‌اند که یک قطره کری ۱۰ میکرومتری موجود در یک ابر آبی، یا تمامی ۱۵- درجه سانتیگراد، می‌تواند در مدتی کمتر از ۱۰ دقیقه رشد کرده و به شکل یک بلور دندانهای با شعاع بیش از ۲۵۰ میکرون درآید. این بلور از این پس هم به صورت نهشته و هم از طریق انباشت می‌تواند به رشد خود ادامه دهد. فرایندهای انبوهش (Aggregation) تجمع (Collection) و یخ‌زدگی (Riming) مراحل پیچیده‌تری هستند که در تبدیل نطفه‌های بارش مذکور به دانه‌های برف یا باران، نقش مهمی را بازی می‌کنند. به هر صورت وقوع

دانشمندانی چون والتر فیندسن (Findeisen) برژورون و ونر از اولین کسانی بودند که به نقش هسته‌های یخ ساز در بارش پی بردند. مطالعات این دانشمندان، آنها را کم به این واقعیت رساند که فرایندهای مهم جوی شامل بارش، گاهی اوقات به علت فراوانی و یا کمبود هسته‌های یخ ساز که در جو وجود دارد و یا ممکن است به طور مصنوعی وارد جو شوند رخ می‌دهند و گاهی نیز به علت کمبود این هسته‌های یخ ساز تحلیل می‌روند. شایان ذکر است در اوایل ۱۹۳۲ اولین انستیتیوی باران مصنوعی در کشور شوروی سابق تأسیس شد.

فیندسن در طی جنگ جهانی دوم بر فراز کشور چکسلواکی توسط دانه‌های شن عمل باروری را انجام داد که موفق نبود و نشان داد که این ذرات به عنوان هسته‌های یخ ساز، کارآمد نیستند. در سال ۱۹۳۷ در ایالت نیوجرسی در نیوگوت (ایالت متحده) دیدنقره (AgI) را مطلوب‌ترین ترکیب دانست و دریافت بلورهای دیدنقره در دمای حدود ۳- درجه سانتیگراد به عنوان هسته‌های یخی عمل می‌کنند. این عمل در ایالت نیوجرسی انجام شد. با آزاد شدن پروانه بهره‌برداري بارورسازي ابراز انحصار شرکت جنرال الکتریک، افراد و شرکتهای زیادی از بارورسازي ابر به عنوان یک کار تجارتي بهره‌گرفتند و در سال ۱۹۵۰ حدود ۱۰ درصد از خشکیهای ایالات متحده تحت قرارداد شرکتهای تجاری بارورسازي ابر بودند. اما به دلیل مخالفت‌های بسیار از ۳۰ ژوئن ۱۹۷۶ هیچ بودجه‌ای برای پشتیبانی باروری ابرها اختصاص داده نشد. در ایران به منظور افزایش میزان ریزشهای جوی و بالا آمدن سطح آب موجود در پشت سدهای کرج و لتیان، فعالیت ایجاد باران مصنوعی با استفاده از تکنولوژی تلقیح ابرها به وسیله ژنراتورهای تصعید ید و نقره، در سالهای ۱۳۵۷-۱۳۵۴ به مدت چهار سال در قسمتی از حوضه آبی رودخانه‌های کرج و جاجرود به وسعت ۱۵۰۰ کیلومتر مربع توسط وزارت نیرو و به مرحله اجراء درآمد. این عملیات به وسیله ۳۰ دستگاه (Oceton Generator) که هر دستگاه ۳۰ گرم (AgI) را در هر ساعت تصعید و به زیر ابرهای آسمان منطقه مذکور برای تحریک آنها و ایجاد تسریع در فرایند بارش می‌فرستاد، انجام گردید. بر اساس ارزیابی توسط مجری طرح در حوضه مورد نظر حدود ۱۵-۱۰ درصد افزایش بارش رخ داده است.

از سال ۱۳۶۷ طرح باروری ابرها در استان یزد مطرح گردید. در سال ۱۳۷۴ به هواشناسی یزد واگذار گردید و در منطقه‌ای به وسعت ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در ارتفاعات شیرکوه در فاصله زمانی پاییز تا اواخر بهار بررسی گردید. در سال ۱۳۷۵-۱۳۷۴، ۷۶/۴ درصد موارد تلقیح ابرها منجر به وقوع بارش شده است و میانگین بارش سالیانه استان حدود ۱۰-۱۵ درصد افزایش حاصل گردیده است.

در تابستان ۱۳۷۸ در استانهای حاشیه دریای خزر عملیات باروری ابرها اجرا گردید و تاکنون گزارشی از تأثیر و موفقیت آن اعلام نشده است. در بهمن ماه ۱۳۷۵ مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها توسط وزارت نیرو در یزد تأسیس و رسماً فعالیت خود را آغاز کرد. در طول زمستان و اوایل بهار سال ۱۳۷۷ عملیات بارورسازي ابرها به منظور افزایش

بارش طبق نظریه مذکور منوط به دوشراط زیراست:
اولاً: تعداد بی شماری قطره‌های درحال تأخیر در انجماد، در ابر وجود داشته باشد.

ثانیاً: تعداد زیادی بلورهای یخی نیز در ابر موجود باشند تا فعل و انفعالات زنجیره‌ای بعدی را شروع نمایند.

با توجه به نوع ابر فرضیه‌هایی که براساس آنها ابرهای سردگرم بارور می‌شوند، نیز با یکدیگر تفاوت‌های اساسی دارند:

در مورد ابرهای گرم فرض این است که با پراکندن و ورود موادشیمیایی و مخصوصاً چون نمک طعام، قطرات ریزآب و یا مواد دیگری که جاذب‌الرطوبه هستند به درون ابر، می‌توان در ویژگی‌های خود ساختاری، فیزیکی و ترمودینامیکی و به خصوص سینتاپ بخارآب و قطره‌های ابر، چنان تغییراتی را ایجاد نمود که به این طریق بتوان در میزان و توسعه زمانی - مکانی رخداد بارش تحولاتی را ایجاد نمود. در کشورهای مداری و جنب مداری اغلب ابرهای دارای پتانسیل بارش همرفتی بوده و طبیعتاً به تراز انجماد نمی‌رسند. از این رو امکان افزایش بارش از چنین ابرهای گرمی، از طریق تقویت کارآیی فرایندهای تصادم - همامیزی، موضوعی است که در دهه‌های اخیر مورد توجه این کشورها قرار گرفته است.

در بعضی از ابرهای گرم توسعه و بسط قطره‌های بزرگ، ممکن است آنگذر آهسته و کند صورت پذیرد که تا مراحل آغازین رشد به وسیله تصادم - همامیزی تا زمانی که ابر مرحله بلوغ خود را بگذراند، به تأخیر افتد. دراصل امکان افزایش بارش از این چنین ابرهایی با بارورسازی آنها توسط ذرات جاذبه‌الرطوبه و یا قطرات آب، در جهت تسریع فرایندهای مذکور رشد وجود دارد. به هرحال تاکنون درمورد تأیید و کارایی این تکنیک‌ها به اندازه کافی و لازم آزمایش و تجربه به عمل نیامده است. در واقع تحقیقات انجام شده عمدتاً راجع به بارشهای سرد بوده و در این زمینه هنوز ابهامات زیادی وجود ندارد. مثلاً یکی از مسائل مربوطه، این است که برای بارورسازی ابرهای گرم، به مقادیر زیادی مواد جاذب‌الرطوبه نیاز است. به عنوان مثال اگر عمل تلقیح ابر با ذرات نمک با قطر ده میکرون و چگالی دوگرم درسانتیمتر مکعب انجام گیرد و هر ذره بتواند نهایتاً قطراتی به قطر دوونیم میلیمتر را ایجاد نماید، دراین صورت بیش از صدکیلوگرم نمک طعام برای تولید یک میلیون مترمکعب باران(معادل با یک میلیمتر باران بر روی هزارکیلومتر مربع) لازم باشد، به هر صورت در این زمینه تجربیات کمی به دست آمده که در اکثر آنها، براساس شواهد فیزیکی و آماری به نظریه‌رسد چندان توفیقی در افزایش میزان بارش حاصل نشده است.

در مورد ابرهای سرد و بارورسازی آنها غالباً مشاهده می‌شود که ابرهای فوق سرد، در دماهای سردتر از صفر درجه سانتیگراد هنوز هم مقادیری قطره‌های مایع به صورت آب فراسرد دارند. اندازه گیریهایی که توسط هواپیمای تحقیقاتی صورت گرفته، و جالبتر از آن، تبدیل قطره‌های فراسرد آب به ذرات یخی بر روی شیشه این هواپیمایها، مبین آن است که مقادیر متنابهی از آب فراسرد در این چنین ابرهایی، به بارش تبدیل نشده، و نهایتاً تبخیر می‌شوند. این وضع نشانه‌ای از کارایی پایین ابر برای تولید

بارش، به علت ناکافی بودن هسته‌های انجماد است. در واقع این مقدار آب فراسرد را می‌توان به عنوان ذخایری از آب تلقی نمود که هنوز از سامانه‌های ابری طبیعی اخذ نشده‌اند. در مورد بارورسازی این گروه از ابرها به منظور افزایش بارش، درحال حاضر از دو طریق می‌توان ابر را بارور نمود:

- ۱- باروری ایستایا(میکروفیزیکی) (Static Seeding)
- ۲- باروری حرکتی (Dynamic Seeding)

کارآیی بارش

کارآیی بارش را می‌توان به عنوان درصدی از آب متراکم شده در داخل یک سیستم ابر که به صورت بارش به زمین می‌رسد تعریف کرد. مابقی آب متراکم شده در ابراز طریق فرایندهای مختلفی به بخار تبدیل می‌شوند اگر با باروری ابرها، کارآیی بارش زیاد شود می‌تواند افزایش بارش تشخیص داده شود. باروری ابرها به دو روش زیر انجام می‌پذیرد:

۱- بارورسازی ایستا(میکروفیزیکی)

هدف از این نوع باروری افزایش کارآیی بارش به وسیله از زیاد تعداد بلورهای یخ می‌باشد. مقدار ابر، زمان مناسب برای رشد ذرات ابر و تقویت سرعت قائم جریان هوا در ارتباط با سرعت سقوط ذرات بارش، همه برای رشداندازه ذرات بارش، دترمینال قابل ملاحظه‌ای را تشکیل می‌دهند.

اندازه ابر بیشتر به وسیله مقدار رطوبت موجود، ساختار دمای جوی و صعود موانع کوهستانی برای ابرهای کوهساری، یا شناوری برای ابرهای همرفتی کنترل می‌شود. زمان موجود برای رشد ذره ابر در ابرهای همرفتی به وسیله مقدار شناوری ابر که جریان‌های هوا را ایجاد می‌کند، که کند یا سریع ذرات را به ابر می‌رساند کنترل می‌شود. سرعت قائمی که به سرعت سقوط آب شهابها ارتباط دارد به وسیله صعود موانع کوهساری و مقدار شناوری ابر همرفتی، یا هر دو کنترل می‌شود. اینها تماماً مشخص می‌کند که به طور کلی نمی‌تواند با روشهای باروری ایستا مؤثر باشد. باروری یخ سازی به صورت طراحی باروری با افزایش ذرات یخ به ابرها یا بخشهایی از هوای صاف تعریف شده است. این هدف می‌تواند از دو طریق انجام پذیرد:

یکی از طریق سرد کردن هوا تا دمای پایین تراز -40° درجه سانتیگراد که هسته بندی همگن به وجود می‌آید. با به قدر کافی هسته یخ طبیعی موجود را فعال می‌سازد و دیگر با افزودن هسته یخ مصنوعی مناسب تولید ذرات یخ به وسیله رسوب میعان - یخبندان، یا یخبندان قطره‌های ابر یا قطرات باران موجود در ابرهای طبیعی تجمع هسته یخ که می‌تواند بلورهای یخ را در دمای -12° درجه سانتیگراد تولید کند به طور نمونه نزدیک $(L) 1/100$ هوای باشند. تراکم هسته یخ فعال طبیعی در -20° درجه سانتیگراد، به طور نمونه تقریباً $(L) 1$ در -28° درجه سانتیگراد تجمع هسته یخ فعال طبیعی تقریباً $(L) 100$ می‌باشد. محاسبات مدل ابر نشان می‌دهد که 10 تا 100 بلور یخ در هر لیتر عموماً برای استفاده مؤثر تراکم ابر به وسیله فرایند یخ مورد نیاز می‌باشد.

روشهای به کار رفته برای این نوع بارورسازی، عموماً فرایندهای



دانه به طرف بالا جاروب می‌شوند.

تکنیکهای باروری ابر

درحال حاضر تقریباً اکثر تکنیکهای تغییر شرایط جوی به منظور افزایش بارش مبتنی بر انتشار هسته‌های انجماد در برون و یا در زیر ابرهاست که این عمل به سه روش اجرایی می‌شود.

۱- تکنیکهای روسی: که در آنها از راکت برای پرتاب از سطح زمین تا ارتفاع ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر استفاده می‌شود.

۲- تکنیکهایی که هسته‌های انجماد را از طریق ژنراتورهای تصعید که در سکوی زمین نصب شده به درون ابر منتشر می‌شود.

۳- استفاده از هواپیما جهت بذر پاشی در قسمتهای مختلف ابر.

کنترل کیفی عملیات باروری (زیست محیطی)

استفاده از مواد دریاچه که به طور همزمان با بالونها رهامی شوند و اندازه گیرهای بالونهای آزمایش برای تعیین بهتر سطح اثر روی بعضی موقعیتهای ویژه هواشناسی پیشنهاد می‌شود. برای این منظور اندازه گیری حجم نقره آب باران کاملاً مفید است.

از سمی اثرات سمی احتمالی (AGI) در آزمایشاتی که جهت اثرات میکروفیزیکی پخش می‌گردد بعد نیست. اثرات معکوس چنین تکنیکهای باروری قطعی شمرده شده است. از سوی ملاحظه می‌شود که بی اثر ساز فتولیک نقره اثر ناچیزی بر عوامل باروری دارد و پایداری مواد باروری و اثرات باد هنوز موضوع پژوهشهای گسترده دیگری هستند.

گاهی اوقات احتمال آلودگی سیستماتیک نواحی تحت کنترل با مواد باروری که برای اثرگذاری روی نواحی هدف رهاسازند نیز وجود دارد. شرایط هواشناسی و تغییرات شدید باد، جهت باد را به طور ناگهانی تغییر می‌دهد و غالباً به دام افتادن مواد باروری تحت تأثیر اینورژن و اثرات ناهمگاری بر روی جهت باد می‌تواند وضعیت ناخوشایندی به بار آورد که نتایج آزمایش را تحت تأثیر قرار دهد.

منابع

- ۱- امکان سنتزی باروری ابرها در ارتفاعات جنوبی کرمان، کمال امیدوار، پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، بهار ۱۳۸۰.
 - ۲- گزارش نهایی پروژه مطالعات مرتبط با تعدیل مصنوعی آب و هوا، پژوهشکده هواشناسی سازمان هواشناسی کشور، پاییز ۱۳۸۱.
 - ۳- خبر نامه شماره یک، شورای پژوهشی هواشناسی فیزیکی و تعدیل آب و هوا، سازمان هواشناسی کشور، بهار ۱۳۷۸.
 - ۴- بررسی وضعیت بارش و امکان افزایش آن در حوضه آبی زاینده رود، محمدحسین مبین، پایان نامه دکتری دانشگاه اصفهان، زمستان ۱۳۷۸.
- 5 - Abbas, A., Mustafa, A. (1999), syrian Rain Enhancement Project, 1991-1998, WMO, Report NO.31.

انجماد مانند یخ زدگی، انبوهش بلورهای یخی، انجماد قطره‌های ابر و یا تکثیر مصنوعی و طبیعی ذرات یخ را دربر می‌گیرد و به همین دلیل به آنها روشهای گلاسیوژنیک می‌گویند.

۲- بارورسازی حرکتی: (نقش باروری جهت افزایش و توسعه ابر)

مفهوم واقعی بارورسازی حرکتی، تلفیح ابر فراسرد با مقادیر کافی هسته‌های انجماد و یا سردکننده‌های دیگر در جهت تسریع در فرایندهای یخ سازی ابراست در این صورت انرژی رهاشده حاصل از رشد بلورهای یخی در اثر تبخیر قطره‌های ابر و یا انجماد قطره‌های فراسرد، موجب افزایش شناوری ابرهای مذکور و نهایتاً رشد قائم آنها می‌شوند. در شرایط مساعد این امر باعث رشد و ضخیم‌تر شدن ابر، انتقال قائم آب موجود به ترازهای فوقانی جو، و افزایش ضخامت ابر شده و نهایتاً ممکن است افزایش بارش دریافتی در سطح زمین رادربی داشته است.

در نظر گرفتن باروری ابر به منظور ایجاد ابرهای گسترده و فعال به طور طبیعی عمدتاً محدود به ابرهای نوع همرفتی (کومولوس) می‌باشد. اگرچه نتایج مدلسازی ابر در دهه ۱۹۸۰ امکان تحریک تشکیل ابرهای همرفتی را در ابرهای پوشنی به وجود می‌آورد. زمان مناسب برای افزایش گسترش ابر با نتایج باروری از زمانهایی با مختصر افزایش در دمای ابر با توجه محیط ابر و در نتیجه شناوری ابر را افزایش می‌دهد. دمای ابر کومولوس چند درجه سانتیگراد افزایش پیدامی‌کند و می‌تواند منجر به افزایش رشد ابر شود. در ابرهای لایه‌ای، جو موجود معمولاً حالت ترمودینامیکی دارد به طوری که چنین تغییرات دمایی که انسان به وجود می‌آورد، بالاردهای یک چندسانتیمتر در هر ثانیه تا یک متر در ثانیه به کندی تغییر خواهد کرد. بنابراین ابرهای همرفتی ضخیمی را به وجود می‌آورد. هنوز باروری ایستا که دربارش تأثیر می‌گذارد بیشترین روش رایج برای کاربر روی ابرهای پوشنی است.

شیوه‌های مختلف هسته بندی

شیوه‌های مختلف هسته بندی و انجماد و سرعت رهاسازی گرمای نهان و انجماد به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- هسته بندی تصادمی یا (Scavenging) که اثرات مرتبط با هسته بندی از طریق مهاجرت ذرات به طرف قطرات آب به وسیله حرکت وزشی (Bremnian) صورت می‌گیرد.
- ۲- هسته‌های اسارتی یا (Cap ture) زمانی پدید می‌آید که قطرات فوق سرد نسبتاً زیادی سقوط کند و بلورهای یخ بسیار کوچکتر را که قبلاً از طریق هسته بندی شکل گرفته‌اند به اسارت درآورد.
- ۳- تشکیل بلورهای یخ از طریق نهشته شدن (Deposition) بخار و رشد پی در پی آنها در محیط اشباع شده از آب.
- ۴- به هم پیوستگی (Accretion) یا هسته بندی الحاقی زمانی اتفاق می‌افتد که قطرات آب فوق سرد نسبتاً کوچک به طور دینامیکی از طریق ذرات برف