

نقش امواج صوتی در بارش ابرهای گرم و سرد

کاظم فروغی^۱، فاطمه مرادیان^۲، سید مجید میررکنی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، kazem_forooghi@yahoo.com

^۲دانشجوی دکتری، دانشگاه هرمزگان، fateme.moradian@gmail.com

^۳آستادیار، دانشگاه یزد، mirrokni@yazd.ac.ir

چکیده

یکی از سازوکارهای طبیعی در ابرها برای تشکیل قطرات باران، پس از فرایند رشد میعانی هسته‌های اولیه ابر، هم‌آمیزی قطرک‌های ابر است. هم‌آمیزی یکی از مهم‌ترین فرایندهایی است که در تشکیل قطرات باران شرکت دارد. یکی از روش‌های نوین برای افزایش هم‌آمیزی قطرک‌ها استفاده از امواج صوتی است. در پژوهش حاضر، هم‌آمیزی قطرک‌ها در دو نوع ابر گرم و سرد به کمک امواج صوتی با بسامدهای مختلف به صورت نظری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد، هم‌آمیزی قطرک‌ها با افزایش بسامد کاهش می‌یابد. هم‌چنین نتایج مدل‌سازی‌ها نشان می‌دهد که کاهش دما در ابر منجر به افزایش هم‌آمیزی قطرک‌ها می‌گردد. در نتیجه استفاده از امواج صوتی در ابر سرد، بازدهی بیشتری نسبت به ابر گرم خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: هم‌آمیزی، امواج صوتی، ابر گرم، ابر سرد، بارش، قطرات ابر

The role of acoustic waves in precipitation of warm and cold clouds

Kazem Forooghi¹, Fatemeh Moradis², Seyed Majid MirRokni³

¹Msc student, Yazd University

²PhD student, Hormozgan University

³Assistant Professor, Yazd University

...

Abstract

One of the natural mechanisms in the clouds for the formation of rain drops, after the process of condensate growth of the primary nuclei of the cloud, is the mixing of the cloud droplets. Mixing is the most important processes involved in the formation of rain drops. One of the modern methods to increase the mixing of the droplets is the use of the sound waves. At present research, mixing of droplets in two types of cold and warm clouds are theoretically investigated using sound waves with various frequencies. The results show that the mixing of droplets decreases with increasing frequency. Also, the results of modeling show that temperature decrease in cloud leads to an increase in the mixing of the droplets. As a result, the use of sound waves in a cold cloud will have more efficiency than the warm cloud.

Keywords: mixing, sound waves, warm cloud, cold cloud, precipitation, cloud droplets

۱ مقدمه

یکی از مشکلات بزرگ قرن جدید، مشکل آب است. با افزایش جمعیت جهان و در نتیجه نیاز بیشتر انسان به مواد غذایی و انواع انرژی، ارزش آب زیادت‌تر شده است. این مشکل در مناطقی که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک مثل کشور ما واقع شده‌اند مشهودتر بوده است. بررسی‌های مربوط به ریزساختار ابر نشان‌دهنده‌ی یک گام بزرگ در راستای مطالعه‌ی تحریک بارش و در نهایت، کنترل الگوهای آب و هوایی است. رایج‌ترین روش‌های استفاده شده در فرآیند بارورسازی ابر توسط عوامل متغیری صورت پذیرفته است که یا منجر به تغییر در ساختار ابر می‌گردد و یا توسط تزریق مستقیم قطرات بزرگ آب به ابر، فرآیند بارش صورت می‌پذیرد به این روش‌ها که تلاش در تغییر مصنوعی وضع هوا دارند، اصطلاحاً "تعدیل وضع هوا" گفته می‌شود که اغلب در جهت ایجاد یا جلوگیری از بارش، افزایش یا کاهش بارندگی، از بین بردن مه و جلوگیری از بارش تگرگ به کار گرفته می‌شود. از جمله این روش‌ها "بارورسازی ابرها" می‌باشد. بارورسازی ابرها به هر روشی گفته می‌شود که برای تعدیل وضع هوا و تغییر مصنوعی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ابر ایجاد می‌کند. اهمیت بارورسازی ابرها و تعدیل وضع هوا بر کسی پوشیده نیست. ولی بسیاری از روش‌هایی که به این منظور به کار گرفته می‌شوند بازده پایینی دارند و مقرون به صرفه نیستند. مثلاً در دانه‌پاشی ابرها احتیاج به وسایل پروازی و یا راکت‌های پرتاب گلوله‌های یدید نقره می‌باشد که بسیار گران

هستند به همین دلیل دانشمندان به دنبال روش‌هایی هستند که علاوه بر بازدهی در فرآیند بارش، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد همچنین بازده این روش، بیشتر از ۲۰ درصد اعلام نشده و معمولاً از این مقدار خیلی کمتر است. این روش، آلودگی زیست محیطی نیز به همراه دارد. از معایب دیگر این روش، زمان زیاد عملکرد آن است که در محاسبات خطا وارد می‌کند. اگرچه روش یونیزه کردن جو دارای بازده بیشتری نسبت به روش دانه‌پاشی است ولی گاهی به تنهایی قادر به افزایش بارندگی نیست و محدودیت‌های خاص خودش را دارد و در زمان خاصی باید به کار رود. در تحریک بارش به وسیله امواج صوتی، هم بازده بیشتری دیده می‌شود و هم، هیچ کدام از معایب روش‌های قبلی را ندارد و تأثیر آن بلافاصله و چشمگیر است. همچنین می‌تواند مکمل روش یونیزه کردن باشد [1].

اولین مطالعات در اثرات امواج صوتی در سال ۱۹۲۶-۱۹۲۷ توسط وود با امواج مافوق صوت با شدت زیاد انجام شد [2]. پترسون و کاود (۱۹۳۱) آزمایش‌های مشابهی را در محیط گازی انجام دادند و برای اولین بار هم‌آمیزی را در امواج ایستا مشاهده کردند. اولین کاربرد هم‌آمیزی صوتی حذف مه طبیعی بود که توسط امی در سال ۱۹۳۱ ثبت اختراع گردید [3]. اگر چه مسئله برخورد و هم‌آمیزی در قطرک‌های ابر اولین بار توسط لانگمویر (۱۹۴۸) مطرح شد، پژوهش‌های کاربردی در بارورسازی ابرها توسط امواج صوتی از سال ۱۹۶۵ توسط گایر (۱۹۶۵) آغاز گردید وی با الهام از پدیده‌ی آذرخش، تأثیر موج صوتی حاصل از انفجار را بر روی ابر بالای یک چشمه آب گرم بررسی کرد و نتیجه گرفت که نرخ هم‌آمیزی میان قطرک‌های ابر بر اثر موج صوتی انفجار افزایش پیدا می‌کند [4]. همین طور مور و وانگوت (۱۹۷۷)، پیپگروز و همکاران (۱۹۸۲) و ووکویک و کوریک (۱۹۹۱) تأثیر مثبت آذرخش بر روی ریزش باران را ثابت کردند [5]. در یک پژوهش دیگر توسط گالچیان (۲۰۰۴)، تحریک بارش جوی به وسیله پدیده‌ی هم‌آمیزی صوتی در مه بررسی شده است [6]. همچنین تالیکوا و همکاران (۲۰۰۸) و (۲۰۰۹)، روش‌های مختلف صوتی در القای باران مصنوعی را بررسی کرده و روش بهینه را در تحریک بارش در ابرهای طبیعی مورد توجه قرار دادند [7]. نعلبندیان (۲۰۰۱) نیز تلاش کرد تا با استفاده از دینامیک توزیع اندازه قطرک‌ها در ابر، یک مدل ساده فیزیکی برای هم‌آمیزی صوتی برای قطرک‌های ابر ارائه دهد [8].

۲ روش تحقیق

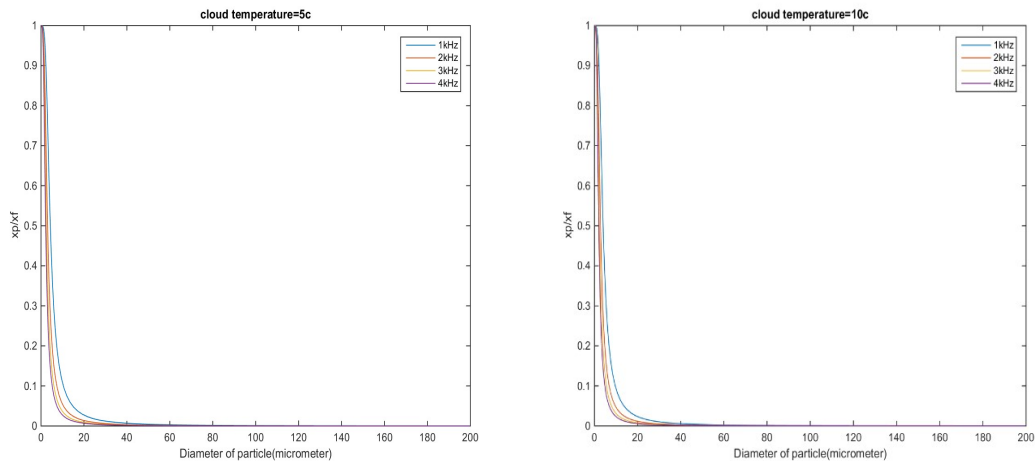
یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نقش بسیار چشمگیری در هم‌آمیزی ذرات در میدان صوتی دارد، ضریب همراه‌بری ذره می‌باشد. معادله‌ی ضریب همراه‌بری ذره به صورت زیر است:

$$\frac{x_p}{x_f} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{4\pi\rho_p r^2 f}{9\mu_m}\right)^2 + 1}} \quad (1)$$

در رابطه (۱) x_p دامنه نوسان ذره، x_f دامنه نوسان سیال، ρ_p چگالی ذره، r شعاع ذره، f بسامد میدان صوتی و μ_m و شکسانی دینامیکی سیال و نسبت x_p به x_f ضریب همراه‌بری ذره می‌باشد [9]. به منظور بررسی نقش امواج صوتی در فرآیند هم‌آمیزی قطرک‌های ابر، معادله‌ی (۱) با استفاده از نرم افزار متلب، مدل‌سازی شده است. سه مورد از مؤلفه‌هایی که در این رابطه نقش مهمی را در میزان ضریب همراه‌بری ایفا می‌کنند، بسامد صوت، شعاع قطرک‌های ابر و شکسانی محیط ابر می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر، نقش هر کدام از این مؤلفه‌ها مدل‌سازی شده و خروجی‌های مربوط به آن در ادامه این متن تحلیل شده است.

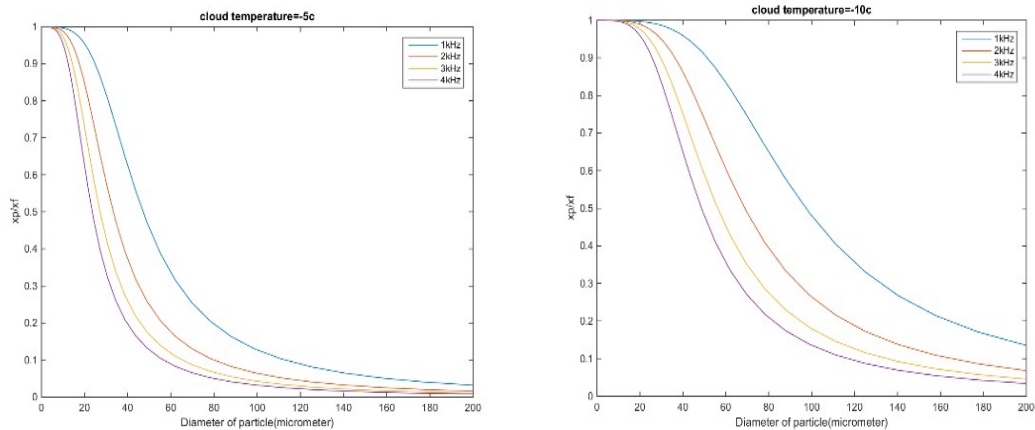
۳ نتیجه‌گیری

نتیجه‌ی خروجی مدل بر روی ابر گرم در شکل (۱) آمده است.



شکل (۱): روند تغییرات ضریب همراهی در ابر گرم

با توجه به شکل (۱)، تغییرات بسامد صوت با ضریب همراهی به صورت لگاریتمی است از طرفی هرچه قدر میزان بسامد صوت افزایش می‌یابد، از مقدار ضریب همراهی کاسته می‌شود. همچنین شعاع قطرک‌های ابر نقش مهمی را در تأثیرپذیری از امواج صوتی ایفا می‌کنند به گونه‌ای که هرچه شعاع قطرک‌ها کوچکتر شود، ضریب همراهی بیشتر می‌شود. از طرفی تغییر در دمای محیط ابر منجر به تغییر وشکسانی سیال شده و به تبع آن میزان ضریب همراهی نیز تغییر می‌کند. خروجی مدل نسبت به ابر گرم، بازدهی چشمگیری را در میزان بارش نشان نمی‌دهد چراکه با توجه به نمودار، موج صوتی زمانی کارایی خواهد داشت که شعاع قطرک‌ها تقریباً کمتر از ۱۰ میکرون باشند این در حالیست که میانگین شعاع قطرک‌ها در ابر گرم بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکرون می‌باشد. لذا استفاده از امواج صوتی در ابر گرم توصیه نمی‌شود. در ادامه با توجه به داده‌های مربوط به ابر سرد، مدل اجرا شد که خروجی آن در شکل (۲) آمده است.



شکل (۲): روند تغییرات ضریب همراهی در ابر سرد

شکل (۲) به‌وضوح نشان می‌دهد که کاهش دما در محیط ابر، نقش چشمگیری در افزایش ضریب همراهی دارد به گونه‌ای که قطرک‌های با شعاع ۲۰ میکرون تا حد زیادی تحت تأثیر بسامد موج صوتی قرار گرفته و در بسامد ۱ کیلوهرتز کاملاً با نوسان موج صوتی همراهی می‌کنند. به‌طور خلاصه نتایج خروجی مدل به‌خوبی نشان می‌دهد که استفاده از امواج صوتی به میزان قابل توجهی به دمای محیط ابر وابسته است به گونه‌ای که هرچه میزان دما کاهش پیدا کند، میزان تأثیرپذیری قطرک‌های ابر از موج صوتی بیشتر شده و به دنبال آن، میزان بارش ابر افزایش خواهد یافت.

منابع

- [1] شوشتری (۱۳۹۱): بررسی آزمایشگاهی تأثیر امواج آکوستیکی در ابر گرم، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.
- [۲] RN. Wood and A. L. Loomis, "The physical and biological effects of high frequency sound waves of great intensity", *Phil.Trans. Ray. Soc. London*. **230** (1927) 413.
- [۳] E.V. Amy, "Dispersing particles suspended in air". *Us patent*. (1934) 171.
- [۴] G.G. Goyer, "Mechanical effects of a simulated lightning discharge on the water droplets of 'Old Faithful' Geyser", *Nature*. **206** (1965) 1302.
- [۵] Z. Vukovic and M. Curic, "The acoustic-electric coalescence and the intensification of precipitation radar echoes in clouds". *Atmospheric Reserch*. **47** (1998), 113.
- [۶] G.A. Galechian, "On Acoustic Stimulation of Atmospheric Precipitation", *Technical Physics*. **50** (2004) 1191.
- [۷] T. Tulaikova *et al.*, "The acoustical methods of precipitation stimulations in natural clouds to get rains for agriculture", *Gumpensteiner Lysimetagung*. (2009) 169.
- [۸] O. Nalbandyan, "The Clouds Microstructure and the Rain Stimulation by Acoustic Waves", *Atmospheric and Climate Sciences*. **1** (2011) 86.
- [۹] J.M. Wallace and P.V. Hobbs, "*Atmospheric Science an introductory survey*: Second edition", Academic Press. (2006) 504.