

ملاحظات در باره عوامل هواشناسی و آلودگی

ترجمه و اقتباس

دکتر ابراهیم جعفرپور *

کلمات کلید: ناپایداری - لپس‌ریت - فرونشینی - هواشناسی - آلودگی - وار ونگی -
آدیاباتیک - دودآلودگی - ادیهای حرارتی

مقدمه:

بررسی های هواشناسی به ثبوت رسانده است که در آتمسفر کره زمین فرآیندهای آلوده زدایی قوی و موثری وجود دارد که از تمرکزهای شدید آلودگی ممانعت بعمل می‌آورد. همچنین تجربیات علمی مدلل ساخته است که در نواحی نسبتاً "پراشوب هوایی کره زمین زمان بقای ذرات دود در حدود ۱ تا ۲ روز بیشتر نیست و در این میان احتمال دارد که ملکولهای SO_2 بیش از ۱۲ ساعت پایداری نداشته باشند، البته این امر بدان معنی نیست که ذرات آلوده کننده آتمسفر به سهولت زدوده شده و از بین می‌روند، از جمله فرآیندهای متنوعی که ذرات آلوده کننده را از تروپوسفر می‌زداید می‌توان از عمل باران و برف در پاک کردن ذرات و گازهای آلوده کننده از آتمسفر و انتقال آنها بدرون خاک نام برد و از این مطلب چنین استنباط می‌توان کرد که پایداری آلودگی هوا در مناطق خشک جهان خیلی بیشتر از مناطق مرطوب است، بر اساس مطالعات گرین‌فیلدیک، بارندگی یکنواخت با شدت یک میلی متر در ساعت می‌تواند در مدت ۱۵ دقیقه تا ۲۸ درصد از ذرات با بعد 10μ را از هوای مسیر پاک کند. این میزان برای ذراتی به اندازه 2μ یا کمتر اثر پاک‌کنندگی ضعیفی دارد. سایر آلودگی‌های هوا ممکن است از طریق شاخ و برگ درختان و چمن‌ها پالایش گردند، و یادرت نتیجه عمل تنفس انسان و حیوان از میان بروند. دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه بر این عوامل زداینده بعضی مواد طبیعی ظرفیت بالایی برای جذب مواد آلوده کننده در خود نشان می‌دهند، مثلاً "بر اساس مطالعات ویلسون براون ۲

* دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده، ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران

سنگ آهک های ساختمانهای با طول عمر بیش از ۵۰۰ سال سولفور آتمسفری را بهمان سرعت نمونه های تازه از همان سنگ بنا جذب می کنند .

اکسیژن در هوا با بسیاری از مواد آلوده کننده ترکیب شده و آنها را به اشکالی تغییر می دهد که خیلی بسرعت زد وده می شوند . در این میان ممکن است اثر روشنایی و نور در تولید مواد آلوده کننده از گازها موثر باشد .

تمرکز و گسترش آلودگی در هوا :

باید دانست که بطور کلی تمرکزهای هوای آلوده تا حد زیادی به میزان رقت هوای غیر آلوده ارتباط دارد و این امری است که خود بشرایط جوی موجود در زمان و مکان بستگی دارد . بطور پتانسیلی این موضوع کل " تروپوسفر " را که لایه ای در حدود ۱۰ کیلومتر ضخامت و تقریباً $10^{18} m^3$ از هوا را در برگرفته شامل می گردد ولی میزان واقعی رقت هوا در هر زمان بشرایط جوی بستگی دارد چون این شرایط است که در درجه پراکندگی و انتشار هوا بر ذرات آلود کننده آتمسفری از منابع اصلی خود سرنوشت ساز بشمار می رود .

تئوری انتشار آتمسفری مستلزم مطالعاتی وسیع و پیچیده است و برای آن فرمولهای چندی وضع کرده اند و در این جا کافی است بخاطر داشته باشیم که بطور کلی انتشار و گسترش مواد آلوده کننده و تمرکز آن در امتداد جهت وزش باد رابطه مستقیم با درجه حرارت خروج آن مواد و رابطه معکوس با سرعت باد و گسترش عمودی دارد . اینها عوامل عمده ای هستند که انتقال مواد آلوده کننده را چه در جهت افقی و چه عمودی کنترل می کنند . در این میان نوع منبع آلودگی نیز ممکن است از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد .

منابع آغازی آلودگی ممکن است آبی، مانند انفجارات هسته ای و یا مداوم نظیر دودکش کارخانجات صنایع سنگین و شیمیائی باشد . که در اثر وجود عوامل محلی پراکنده می شود و بطوری که حساب کرده اند از دودکش واحدی از یک کارخانه فاصله انتقال مواد پراکنده آلوده کننده ممکن است کمتر از ۱۰ کیلومتر در جهت باد باشد در حالیکه آلودگی شهرهای صنعتی در شرایط جوی مساعد ممکن است تا ۱۰۰ کیلومتر از منبع اصلی فاصله بگیرد .

پراکندگی عمودی :

پراکندگی عمودی آلودگی در تروپوسفر از نظر گسترش بسیار متغییر است . میانگین ستبرای لایه " تروپوسفری " از ۸ کیلومتر در قطبین تا حدود ۲۰ کیلومتر در مناطق حاره

تغییر می‌کند. ولی تغییرات بسیار مهم کوتاه مدت در جهت پراکندگی عمودی مربوط به وضع روزانه نیمرخ عمودی هواست. حرکت روبالای بزرگ مقیاس هوا که شامل مواد آلوده کننده باشد، ممکن است، نتیجه یک نیروی صعود دهنده روی موانع توپوگرافیک یا عوامل طبیعی باشد. و یا این امر ممکن است در زمان قرار گرفتن یک توده‌ای از هوای گرم روی توده‌ای از هوای سرد در طول یک جبهه گرم بوقوع به پیوندد. ولی عمده ترین و معمولی ترین این حرکات، حرکات عروجی است که در درون یک توده از هوا بوقوع می‌پیوندد این حقیقت که جوزمین از لایه‌های زیرین گرم می‌شود بدین معنی است که در خلال روز حباب‌هایی از هوای گرم شده از لایه سطحی جدا شده و بعلت غلظت کمی که دارد صعود می‌کند. قسمتی از هوا که تحت این شرایط عروج می‌کند، تحت تاثیر پدیده "آدیاباتیک"^۱ گسترش یافته و گرمای خود را از دست می‌دهد. تا زمانیکه دمای هوا در فوق نقطه اشباع باقی‌ماند و هیچ قطره آبی متراکم نگردد لیس ریت یا آهنگ کاهش دما در ارتباط با افزایش ارتفاع بعنوان آدیاباتیک خشک^۲ (DALR) نامیده می‌شود که بطور ثابت در ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع قطع نظر از دمای اصلی سطحی یک درجه C کاهش نشان می‌دهد. اگر چنان توده هوایی از هوای آتمسفر اطرافش سبکتر گرمتر باقی‌ماند، به صعود خود ادامه خواهد داد، و این امر فقط زمانی بوقوع می‌پیوندد که "لپس ریت" یا آهنگ کاهش دمای محیطی^۳ (ELR) بیشتر از "لپس ریت" هوای صعودی باشد. بطور طبیعی در هنگام روز در نتیجه تشعشع زیاد حاصل از تابش خورشید لپس ریت محیط مثبت در اغلب نواحی بوجود می‌آید. در چنین شرایطی است که حالت فوق آدیاباتیک^۴ در سطح زمین باعث می‌شود که مواد آلوده کننده موجود با سرعت بسمت بالا پراکنده شود عمق چنین لایه‌هایی از هوای آلوده به خصوصیات حرارتی سطح زیرین و همچنین شدت تشعشع خورشیدی بستگی دارد و بر طبق نظر پک^۵ ممکن است از ۳ کیلومتر در بیابانها تا ۱۰۰ الی ۲۰۰ متر در نواحی دریاچه‌ای و جنگلی تغییر کند.

همانگونه که گرمای هنگام روز منجر به پیدایش شرایط مساعد برای صعود هوا می‌گردد، سرد شدن سطح زمین به هنگام شب و در ارتباط با آن سرد شدن قشر هوای چسبیده بسطح، تولید یک وارونگی حرارت می‌کند، و در چنین حالتی با افزایش ارتفاع برخلاف

1- Adiabatic

2- Dry adiabatic lapse rate

3- Environmental lapse rate

4- Super adiabatic

5- Pack

6- Inversion

انتظار بر میزان حرارت افزوده می‌شود. بطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، این امر بدین معنی است که از نظر تئوری در شرایط صعود آدیاباتیکی توده هوا همیشه سردتر از هوای اطراف خود می‌گردد و احتمال فعالیت موثر عروجی هوا خیلی کم می‌شود. از اینرو، حتی مواد آلوده کننده خروجی از یک دودکش و یا سایر منابع خیلی گرم‌تر از هوای سطحی، با چنان سرعتی بوسیله هوای اطراف تغییر می‌کند که بعد از چند متر صعود دمای آن تغییر یافته، و در نتیجه، شناوری خود را بتدریج از دست داده و در درون یک لایه "وارونگی" بطور محبوس باقی می‌ماند.

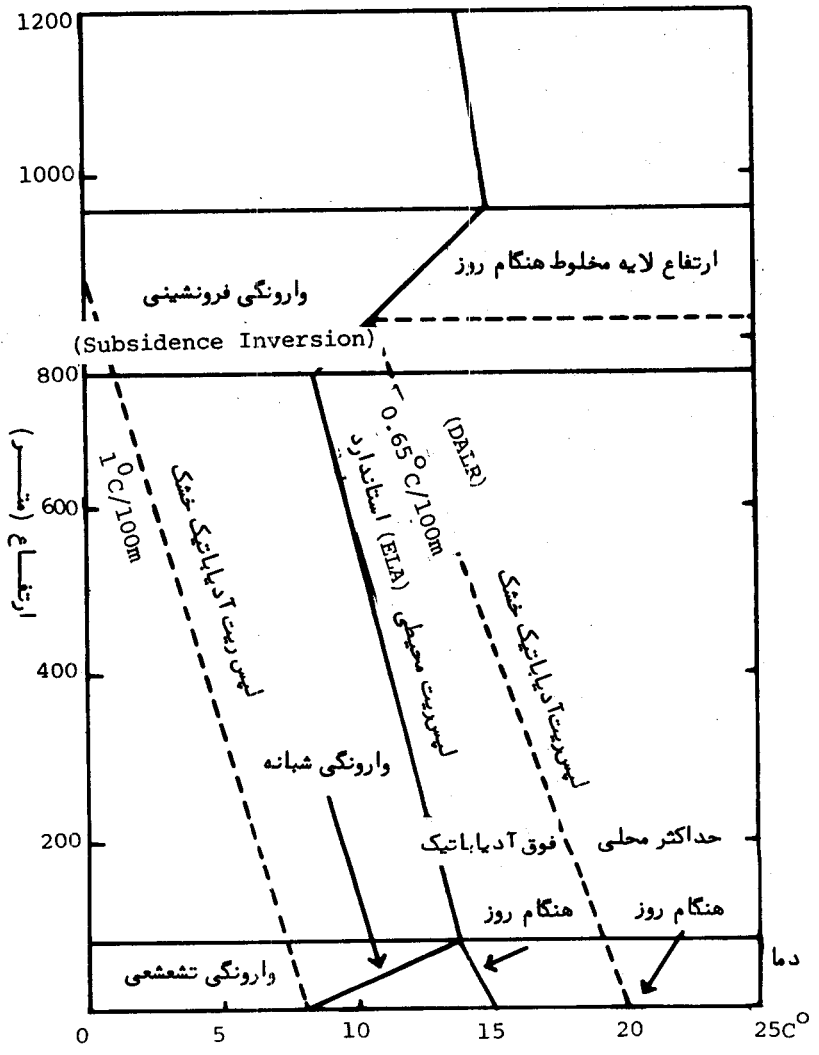
وارونگی‌های تشعشی یا شبانه زمانیکه آسمانها صاف و امکان تبادل تشعشع موج بلند زیاد است بوجود می‌آیند. و در این میان شب‌های طولانی با بادهای خفیف از شرایط مساعد ویژه‌ای برخوردارند. تمامی این چنین وارونگی‌ها کم عمق بوده و عمق آنها اغلب کمتر از ۱۰۰ متر است. با اینکه در شرایط بسیار استثنائی ممکن است این عمق در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر باشد. شگفت‌انگیز نیست که چنین شرایطی موجب تمرکزهای فوق‌العاده شدید مواد آلوده کننده در هوای مجاور سطح زمین می‌گردد که مخصوصاً "در دره‌ها که اثر سرد شدن و سکون هوا بیشتر است میزان شدیدتری وجود پیدا می‌کند.

علاوه بر وارونگی‌های اساسی سطحی حاصل از تشعشع شبانه، نشست هوا^۱ و یا وارونگی‌های سطح بالا ممکن است در تروپوسفر میانی بوقوع به پیوند (شکل ۱). به عقیده اسکورر^۲ چنان وارونگی‌ها ممکن است بوسیله تشعشع سطح فوقانی یک لایه ابر بوجود آید و یا نشست هوا در درون یک آنتی سیکلون نیمه دائمی در بین حدود ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر در فوق سطح زمین سبب تشکیل آن گردد. در خلال فرود آمدن، هوا فشرده شده و بطور آدیاباتیکی گرم می‌شود، و از اینرو تولید یک لایه وارونگی تقریباً "ضخیم می‌کند و چنین حالتی بیشتر در ارتباط با مراکز فشار زیاد نیمه دائمی که در نواحی دور از ساحل قاره‌ها قرار گرفته اند مشاهده می‌گردند.

هم وارونگی‌های سطحی و هم سطوح بالا اغلب توأماً "در سیستم‌های پرفشار پیدامی‌شوند. زیرا در هوای آنتی سیکلونی اغلب هوا باز، سرعت باد کم و شرایط مساعد برای تشعشع شدید از سطح زمین فراهم است و این امر سبب توسعه و بوجود آمدن نشست آرام هوای گردد که نتیجتاً "منجر به ایجاد وارونگی‌های فرونشینی می‌گردد.

1- Subsidesnces

2- Scorer



شکل ۱:

اثر پروقیل عمودی دما و وجود شرایط وارونگی از اختلاط -
 آتمسفری . بیرون از لایه های وارونگی ، لپس ریت محیطی
 عبارت از آتمسفر استاندارد بین المللی ، بادمای سطوح
 دریای ۱۵°C و لپس ریت همسان ۰/۶۵ درجه برای هر ۱۰۰
 متر می باشد .

پراکندگی افقی:

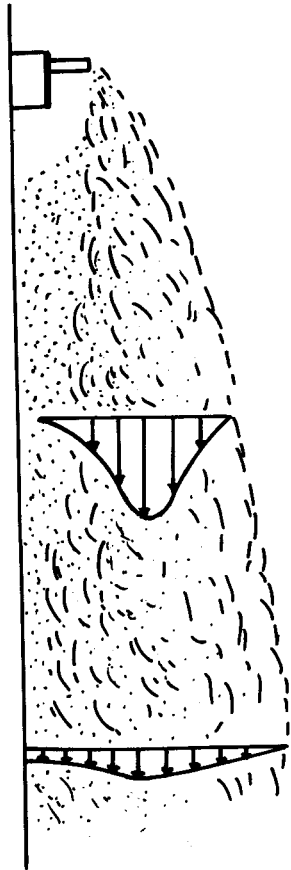
در جهت افقی ممکن است مواد آلوده کننده، در لایه های پایین آتمسفر بوسیله سیستم های بادهای جهانی بفواصل قابل ملاحظه ای پراکنده گردند. از اینرو تمرکز آلودگی منتشر شده از یک منبع آلوده کننده مداوم بطور معکوس متناسب با شدت بادی باشد حرکت افقی مواد آلوده کننده در نتیجه وزش باد برای سالیان متمادی مورد مطالعه قرار گرفته و در سالهای اخیر از اثر ذرات موجود در مواد دفع آفات و نیز ذرات تشعشی در این مطالعات استفاده کرده اند.

شرایط چیره باد راهواره در موقعیت های سینوپتیکی و تیپ های هوا مورد مطالعه قرار داده و نتایج جالبی بدست آورده اند مثلاً "کاهش در میزان زمستانی SO_2 در رتردام هلند در خلال شش سال متوالی مورد بررسی قرار گرفته است. و نتیجه حاصل بر این امر حکایت دارد که کاهش میزان SO_2 تنها مربوط به بهسازی فرآیند های صنعتی نبوده، بلکه تا حدودی مربوط به تیپ گردش عمومی آتمسفر در این فصل بوده که سبب پراکندگی زیاد گاز منتشره گردیده است.

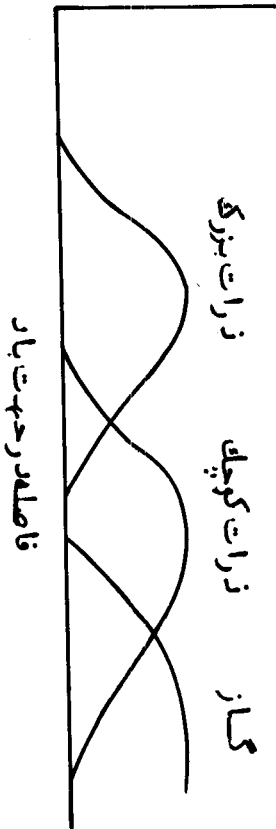
در سالهای اخیر توجه زیادی روی خواص دودکش های انفرادی بعمل آمده و در این مورد فرمول های زیادی در ارتباط دودکشها با آلودگی و شرایط هوا پیشنهاد گردیده و گسترش یافته است از این مطالعات چنین استنباط می گردد که بالاترین تمرکز های آلودگی از یک دودکش واحد در سطح زمین حتی تحت شرایط ناپایدار، معمولاً "در فاصله ای معادل ۲۵ برابر ارتفاع دودکش در جهت امتداد باد می باشد. تئوری های انتشار گاز نشان می دهد که چنان تمرکزهایی با عکس مجذور ارتفاع تاج دودکش می یابد. شکل ۲ نوع مراحل تقلیل یا تمرکز آلودگی در سطح زمین از یک دودکش منفرد را نشان می دهد. بخوبی مشاهده می گردد که تمرکز گازها در محور مخروط دود خیلی زیاد است و در حواشی و لبه ها کاهش می یابد و از اینروست که تمرکزهای خیلی زیاد در سطح زمین در فواصل کمی دورتر از دودکش مشاهده می گردد. از طرف دیگر ذرات ریزیکه دارای شدت نشست آزاد بزرگتری می باشند، دارای بیشترین تمرکز در سطح زمین نزدیکتر به دودکش می باشند.

مسیر واقعی یک تل دود به عوامل مختلفی مربوط می باشد که از آن جمله می توان از سرعت بیرون ریزی و دمای ماده منتشر شونده نام برد. اما این امر عمدتاً "تحت تاثیر نیمرخ های عمودی دما و باد می باشد. در شکل ۳ شش نوع از وضع تل دود نشان داده می شوند که عبارتند از:

نیم‌بخش تمرکز گاز



تمرکز در سطح زمین



شکل ۲- نمودار مقایسه‌ای از تمرکزهای گازها و ذرات تل‌دود در سرعت معینی از باد
(از Strom)

باد →

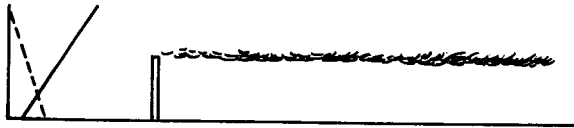
لپس ریت قه‌وی
(مارپیچی)



لپس ریت ضعیف
(مخروطی)



وارونگی درزگی
(باد زندگی)



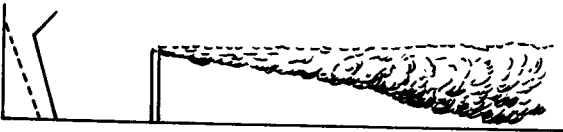
وارونگی درزیر
لپس ریت در بالا
(بالا رونده)



لپس ریت درزیر
وارونگی در بالا
(دود آلودگی)



لپس ریت ضعیف در پایین
و وارونگی در بالا
(محبوس شدن)



درجه حرارت →

شکل ۳ - انواع نمونه‌های از وضعیت تل و دود تحت شرایط متفاوت پایداری آتسفری .

(از Hewson, Bierly)

- لپس ریت آدیاباتیک خشک
- لپس ریت موجود

مارپیچی^۱: این شرایط فقط در خلال ساعات روز بظهور می‌رسد، بعبارت دیگر زمانی که شرایط فوق‌آدیاباتیکی و بادهای خفیف "ادیهای حرارتی"^۲ قوی بوجود می‌آورند، تمرکزهای سطح بالا از مواد منتشره سبب پیدایش پیچ‌خوردن تل دود می‌گردند. یکی دیگر از شرایط محدودکننده هواشناسی "دود آلودی"^۳ می‌باشد که برای دوه کوتاهی بعد از طلوع آفتاب رخ می‌دهد و در این حالت تشعشع خورشیدی یک لایه هوای ناپایدار را در نزدیکی سطح زمین بوجود می‌آورد که بعد از مدتی به ارتفاعی می‌رسد که باتل دود تحت شرایط وارونگی شبانه ترکیب شده و جنبه‌هایی از مواد منتشره آلوده را بسطح می‌آورد. در هر زمانی که مواد منتشره از دودکش بوسیله وارونگی‌هایی به سطح بالا پیوند دخالت محبوس شدن "تل دود"^۴ بظهور می‌رسد. پراکندگی متداول تر از دودکش‌های مرتفع می‌توانند باشکال "مخروطی"^۵ و بالا رونده^۶ و "بادزدگی"^۷ بظهور رسد. نوع مخروطی ممکن است در زمانی بروز کند که لپس ریت‌های ضعیف باعث می‌شود که ذرات آلودگی هر قدر از دهانه دودکش دور تر شوند پراکنده‌تر شده بشکل مخروطه در آیند. از اینرو پدیده تمرکزهای نسبتاً "نزدیک بسطح زمین حالتی شبیه بادزدگی را بوجود می‌آورد که اساساً "صورت شبانه‌ای است که علت پیدایش آن وارونگی تشعشعی می‌باشد. در اینصورت دوده ظرفیتی در ارتفاع دودکش بآرامی در جهت بادکشیده می‌شود. سرانجام نوع بالا رونده یک شرایط ویژه مساعدی برای پراکندگی تل دود است و ممکن است در هر زمانی غیر از میانه‌های روز بوقوع پیوندد در این حالات دهانه دودکش از وارونگی سطحی کم عمق بالاتر قرار می‌گیرد و قرار گرفتن یک وضع ناشیات بالای لایه ثابت ناشی از وارونگی باعث می‌شود که توده دودی که از دودکش خارج می‌شود بسمت بالا پراکنده شود.

1- Looping

2- Thermal eddies

3- Fumigation

4- Plume trapping

5- Coning

6- Lofting

7- Fanning

REFERENCES

Battan, L.J. (1984). *Foundamentals of Meteorology*, 2
th ed. Englewoodcliffs, N.J.:Prentice-Hall

Gritchfield, H.J. (1983). *General Climatology*, 4th ed.
Englewoodcliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Keith, S. (1975). *Applied Climatology*, London:Mc
Graw-Hill.