

هواشناسی کوهستان

پرنیان کوهستان

ابر، باد و کوه

مهندس جعفر سپهری (هیات علمی دانشگاه جامع علمی کاربردی)
زهراپریسا زارعی (دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک دریا)

نخستین اندیشمندی که رویدادهای هواشناسی را مدون و طبقه‌بندی نمود و او را باید، به‌حق، پدر دانش هواشناسی نامید، دانشمند ایرانی سده پنجم هجری، **ابوحاتم اسماعیل اسفزاری خراسانی** است که برای نخستین بار در جهان پدیده‌های جوی و هواشناسی را به زبان فارسی در کتاب خود به نام **آثار علوی** (Meteorology)، گردآوری نموده است.

پیشگفتار:

بر آمد ز کوه ابر مازندران
چو مار شکنجی و ماز اندر آن

بی‌گمان یکی از مهمترین ابزارهایی که یک کوهنورد باید بدان مسلط باشد، دانش هواشناسی کوهستان و آگاهی او از تغییرات و تلاطمات جوی است. دانشی که آگاه نبودن از آن می‌تواند به قیمت زندگانی تمام شود. چه بسا خفته در خاکانی که می‌توانستند با سود جستن از این دانش، سال‌ها از زندگی و مواهب آن بهره گیرند.

هدف از این نوشتار، اطلاعی کوتاه و فراگیر در باره پدیده‌های جوی در کوهستان است. امیدواریم که سودمند قرار گیرد.

۱ _ امواج کوهستان و تلاطم در هوای صاف

الف _ امواج کوهستان (Mountain waves or Lee waves)

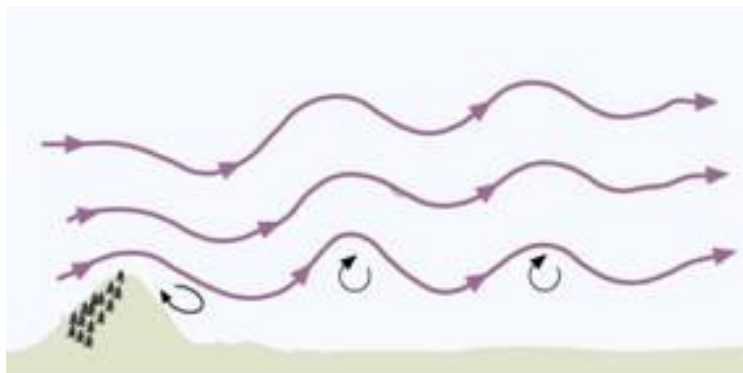
هنگامی که باد از فراز کوهستان می‌گذرد، در جهت پشت به باد کوه تلاطم شدیدی ایجاد می‌شود. نوعی از این تلاطم چرخش rotor نام دارد. شرایط مطلوب برای شکل‌گیری امواج نیرومند کوهستان، به ویژه در حالت حاکمیت یک سامانه پرفشار (پادچرخندی) عبارتند از:

یک لایه همدمای یا وارونگی که میان دو لایه ناپایدار کم‌فشار قرار می‌گیرد.
بادی با سرعت ۲۰ گره (حدود ۱۰ متر بر ثانیه) که رو به بالا حرکت کرده و با افزایش ارتفاع، سرعت آن هم افزایش می‌یابد.

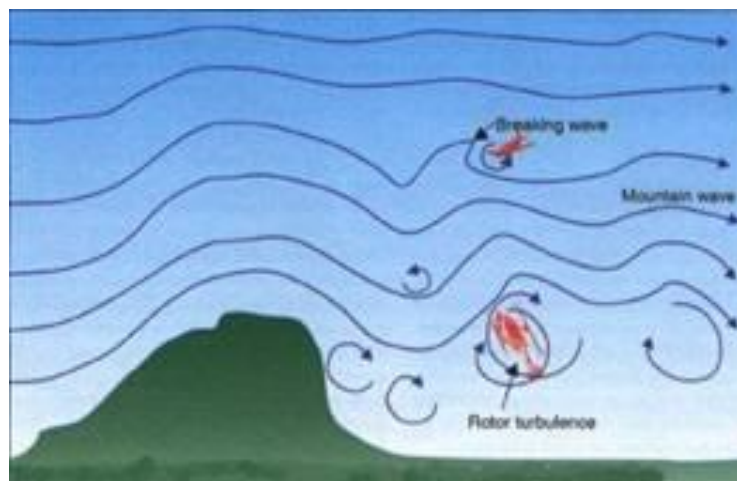
ب _ تلاطم در هوای صاف (CAT=Clear Air Turbulence)

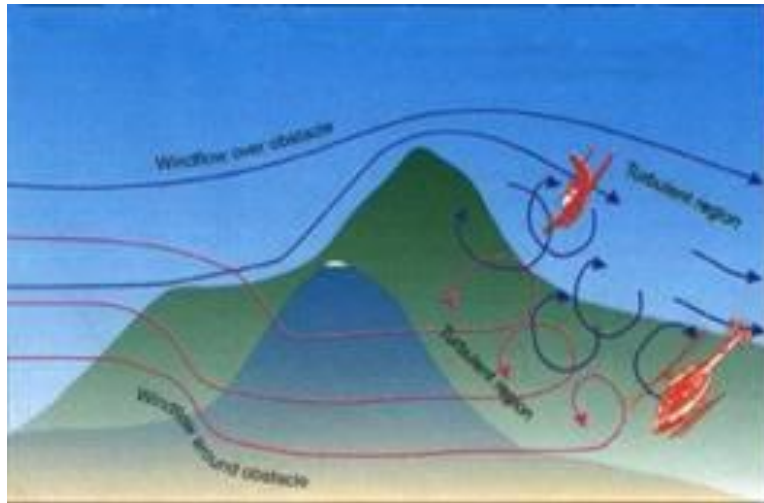
تلاطم بر فراز لایه مرزی‌سیاره‌ای PBL را که هیچ‌گونه پیوند مستقیمی با ابرها نداشته باشد را تلاطم در هوای پاک CAT می‌نامند. یک CAT معمولاً با برش عمودی

باد (wind shear) و وارونگی دما همراه است. در حالی که بر فراز آن منطقه همگرایی و یا واگرایی رودبادهای (jet stream) به ویژه در سمت پشت به باد کوه، قرار دارد. این امواج در ارتفاعهای گوناگون و با فاصله گرفتن از منشاء، تغییر میکنند. يك CAT نه فقط در ارتفاع بالا، بلکه در ارتفاعات پایین هم خطرآفرین است.



امواج کوهستان و rotorها

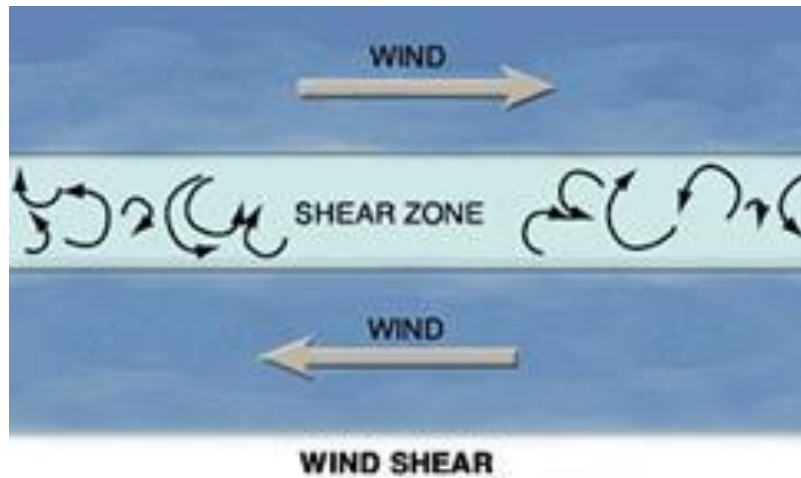




خطر امواج کوهستان برای هواپیما و بالگرد

برش باد wind shear:

تغییر سریع و ناگهانی در سرعت و جهت باد که معمولاً با تلاطم شدید همراه است.



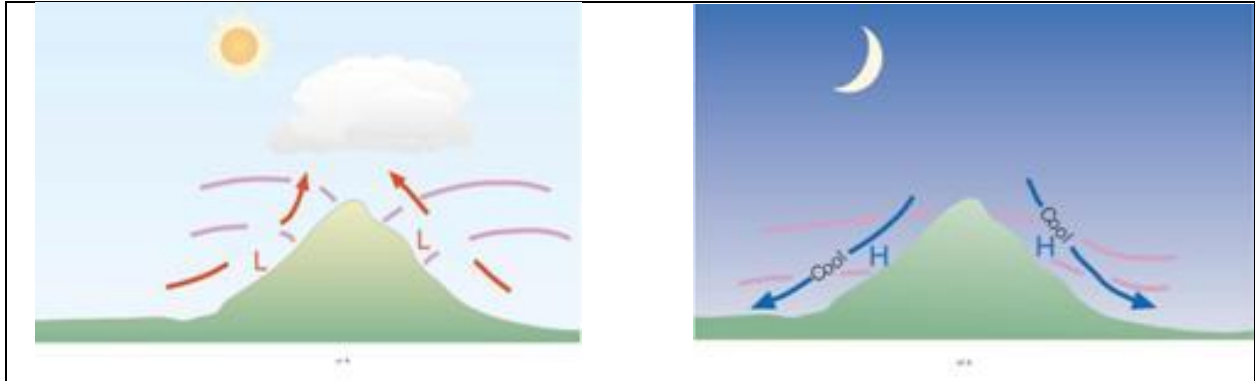
۲ _ باد دره و باد کوه

الف _ باد دره (دره‌بادها) Valley wind

دره‌ها، چرخه باد ویژه خود را دارند، که معمولاً از باد غالبی که بر فراز آن می‌وزد مستقل است. جهت وزش آن مجاور سطوح دره و صرف‌نظر از چرخه عمومی بادها، روبه‌بالا است. اما اگر سرعت باد بیشتر از ۲۰ گره (حدود ۱۰ متر بر ثانیه) شود، در جهت مخالف باد دره، جریان مهمی رو به پایین و تلاطم‌های شدیدی ایجاد خواهد شد. از این رو هواپیماهای سبک و بالگردها برای کاهش ریسک ناشی از تلاطم باید پیش از آغاز چرخش، با زدن یک نیم‌دایره از روی دره رد شوند.

ب _ باد کوه (کوه باد) Mountain wind

این باد برعکس باد دره بوده و از بالای کوه هوای سرد و سنگین را به سمت دره می‌برد.



باد دره

باد کوه

۳ _ باد کوه‌دشت و باد دشت‌کوه

الف _ باد کوه‌دشت (Katabatic winds)

معمولاً در غروب شکل می‌گیرد و تا پیش از برآمدن خورشید ادامه خواهد داشت. این باد نتیجه سُر خوردن هوای سرد و سنگین از فراز کوه به سوی دشت، از سمت شیب‌های رو به پایین است. در تحت برخی شرایط، باد کوه‌دشت می‌تواند به نسیمی توانمند در دل شب تبدیل گردد که نویدبخش بامدای گرم است.

ب _ باد دشت‌کوه (Anabatic winds)

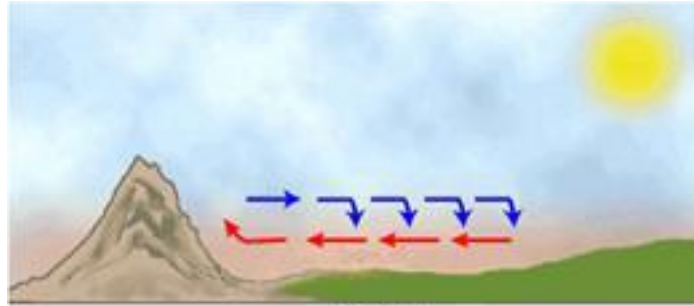
در طی ساعات روز هنگامی شیب‌های دامنه کوه‌ها گرم‌تر از ژرفای دره‌ها می‌شوند، وزیدن این باد آغاز می‌شود. تفاوت گرمایی هوای مجاور دامنه‌ها، موجب حرکت صعودی آن به بالادست شیب می‌شود. سرعت وزش این باد می‌تواند حتی به ۱۰ گره (حدود پنج متر بر ثانیه) هم برسد.

حداکثر ارتفاع بادهای کوه‌دشت و دشت‌کوه حدود دویست متر بر فراز دامنه‌های کوهستان است. این دو باد، چرخه‌ای محدود میان هوای مجاور کوه و هوای مجاور دشت، در نزدیکی یکدیگر است.



باد کوه دشت

باد کوه به دشت

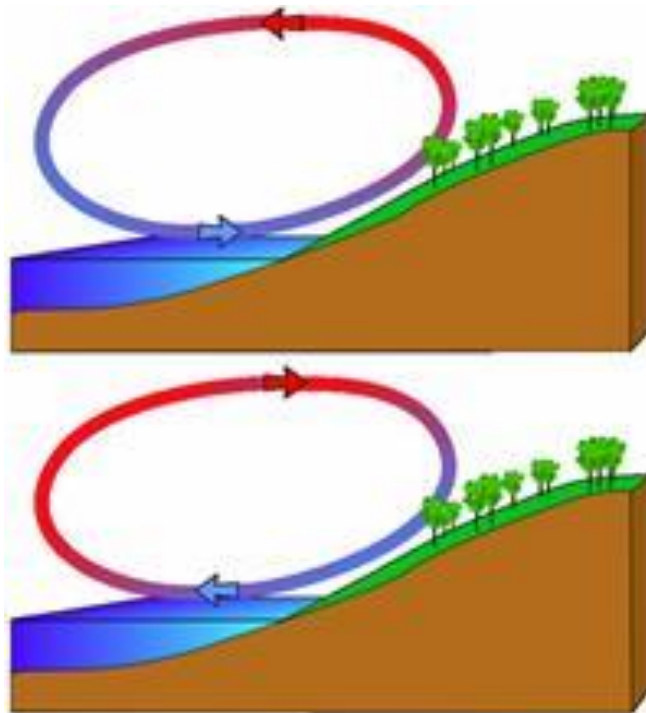


باد دشت کوه

باد دشت به کوه

۴ _ نسیم دریاچه Lake breeze

این نسیم حالت خفیف نسیم دریا به ساحل See breeze در طول روز و نسیم ساحل به دریا Land breeze در طول شب است که موجب بروز رطوبت در هوای مجاور دریاچه می‌شود. در طول روز سطح خشکی بیشتر از سطح آب گرم می‌شود که موجب بروز نسیمی از سوی دریاچه به سوی ساحل Lake breeze شده و در طی شب هوای مجاور خشکی زودتر از هوای مجاور آب سرد می‌شود که منجر به بروز نسیمی از خشکی به سوی دریاچه Land breeze می‌شود. در صورت صعود از صخره‌ای در نزدیکی یک دریاچه، باید همواره جریان هوایی رو به بالا در طی روز و جریان هوایی رو به پایین در طول شب را در نظر گرفت.



نسیم دریاچه



دریاچه‌های نزدیک کوه ایجاد کننده نسیم دریاچه

۵_ ابرها

معمولا حرکت روبه‌بالای هوای مرطوب پیش‌نیاز تشکیل ابر است. پدیده‌ای که در کوهستان به فراوانی رخ می‌دهد. حرکت روبه‌پایین نیز بر خلاف آن عمل می‌کند. هوای روبه‌بالا منبسط شده، به‌طور بی‌دررو سرد شده و اگر رطوبت کافی به همراه داشته باشد، مقداری از بخار آب موجود در آن سرد شده و تشکیل ریزقطره‌های ابر را می‌دهد. هر متر مکعب ابر غلیظ حدود ۰/۵ گرم آب در خود دارد. دمای معمولی این ریزقطره‌ها ۱۰- تا ۱۵- درجه سانتیگراد است اما در ارتفاع بالا و فشار کم این ریزقطره‌ها می‌توانند تا حدود دمای ۴۰- درجه سانتیگراد هنوز مایع باشند. این قطره‌ها را قَطْرَك‌های اَبَرَسَرْد یا supercooled droplet می‌نامند. از این دما به بعد هر قطره آبی در اثر پدیده انجماد خودبه‌خودی self nucleation یخ خواهد زد.

ابرهایی خانواده کومولوس به ویژه Cb بسیار خطرآفرین هستند. با مشاهده آنها باید از صعود صرف‌نظر نموده به نزدیکترین پناهگاه مراجعت کرد. خلبانان در باره ابرهای Cb می‌گویند: برای زنده ماندن از Seabees پرهیز کنید. تلاطم در ابرها به قرار زیر است.

نوع ابر	تلاطم
St	بی‌اهمیت
Ci, Cs, Cc, Ac, As	هیچ یا بی‌اهمیت، مگر در زمان تشکیل ابر Cb
Sc	ملایم
Ns	ملایم اما در پایه ابر شدید
Cu, Tcu, Cb	معمولا شدید، اما در حالت انفجار روبه‌پایین مصیبت‌بار و فاجعه‌ساز
ابرهایی رایج به ویژه بر فراز قله‌های کوهستان	



Cap Cloud به همراه Cb



Cap Cloud به همراه Cb



ابر پیش کومولوس pyrocumulus



ابر milthorpeincus



ابر سندانى Anvil Cloud خطرناكترين نوع ابر

٦ _ توفان تندري Thunderstorm

توفان‌هاي تندري و آذرخش که توسط ابرهاي Cb به ويژه نوع سندانبي آن anvil cloud ايجاد مي‌شود، و نتيجه تخليه بار الكتريكي الكتريسته ساكن ميان ابر و ابر و يا ابر و زمين است، تحت هر شرايطي خطرناك و آسيب‌رسان است. پس از مشاهده آنها، عاقلانه‌ترين كار، گريز به نزديكترين پناهگاه است.



آذرخش در هر شرايطي خطرآفرين است

٧ _ مه (Fog [FG])

حرير مه بر رخسار کوه، مه در اثر سرد شدن هواي مرطوب رخ مي‌دهد. يك تيرگي جوي در سطح زمين که به وسيله آويزش قطره‌هاي آب، همراه و يا بدون همراهي

ذرات دود، که دید را به زیر ۱۰۰۰ متر محدود می‌کند، مه می‌نامند. همچنین اگر دید بیش از ۱۰۰۰ متر باشد، آن را mist (دمه، تاری‌شم) می‌نامند. دودمه را که بیشتر در شهرهای با آلودگی هوایی بالا رخ می‌دهد را smoke fog می‌نامند. مه به روش‌های زیر تشکیل می‌شود.

الف _ مه تابشی: Radiation fog

بیشتر هنگامی که هوای مرطوب در شبی بدون ابر، پس از بارندگی، تحت یک سیستم پرفشار قرار گیرد آنگاه مه تابشی رخ می‌دهد. دمای هوای مرطوب در مجاورت زمین سرد و در شرایط چگالش به سرعت به دمای نقطه شبنم می‌رسد. بهترین سرعتی هم که باد می‌تواند داشته باشد شرایط بدون باد calm، و یا ۲ تا ۶ گره، ۱ تا ۳ متر بر ثانیه است. اگر در این شرایط دود هم وجود داشته باشد، دودمه smog نامیده می‌شود. حداکثر ارتفاع این نوع مه ۳۰۰ متر است. مه جنگل‌ها بیشتر از این نوع است.

ب _ مه فرارفتی: Advection fog

هنگامی که هوای گرم و مرطوب توسط باد به روی یک سطح سرد آورده می‌شود و دمای آن را تا نقطه شبنم پایین می‌آورد. مه کنار دریا و مه بادهای دره بیشتر از این نوع است. بهترین سرعت باد ۵ تا ۱۵ گره است.

پ _ مه تبخیری: evaporation fog

در اثر چگالش سریع بخار آب از سطح به هوای اشباع شده رخ می‌دهد. مه روی جاده پس از بارندگی و یا مه جنگل‌های گرمسیر از این نوع هستند.

ت _ مه یخزدگی: freezing fog

در اثر یخزدگی قطره‌های آب رخ می‌دهد. دمای هوا بین ۲۴- تا ۴۵- درجه سانتیگراد و ارتفاع بالاتر از حدود ۸۰۰۰ متری از سطح دریا. این نوع مه به ویژه در اثر حرکت هواپیما و برخورد آن با ذرات آب آب‌سرد رخ می‌دهد.

ث _ مه جبهه‌ای: front fog

مه‌ای است در مقیاس گسترده، که در اثر حرکت و فعالیت جبهه‌های سرد، گرم و اکلوده رخ می‌دهد.

۸ _ ابر کوه‌گلاهِ و ابر غلتان

الف _ کوه‌گلاهِ، (Cap Cloud)،

فراز دماوندش از ابر بود

چو پوشیده سر را به ابری پناه

و را خواند باید کنون که گلاهِ

تو گویی زبرکوه پوشیده خود

ابری که گاه و بیگاه بر فراز قله کوه‌های بلند، مانند دماوند، به چشم می‌خورد و همچون کلاه‌ی قله را در بر می‌گیرد. این ابر که به واژه لاتینی Pileus نام‌گذاری شده است، ابری است کوچک و افقی که می‌تواند به شکل ابرهای کومه‌ای (= گل کلمی) کومولوس Cumulus یا کومولونیمبوس (کومولوس باران‌زا) Cumulonimbus نمایان شود. ابر مولد آن می‌تواند به شکل یک روکش پدیدار شده باشد. این ابر پایدار نبوده و به سرعت تغییر شکل می‌دهد. شکل‌گیری آنها به ویژه در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر در اثر حرکت سریع و روبه‌بالای هوای مرطوب رخ

می‌دهد. این حرکت سریع روبه‌بالا باعث می‌شود که دمای هوا از دمای نقطه شبنم dew point پایین‌تر بیاید. این ابر معمولا نشان‌دهنده هوای با تغییرات شدید و ناپایدار چشمگیر در آب‌وهوا هستند. یک چنین ابری که در بالا به شکل گل کلم است، اغلب به شکل یک کومولونیمبوس در آمده و نشان‌دهنده حرکت سریع روبه‌بالای جریان‌های هوایی در کوهستان است.



کوه‌کُلاه دوگانه



کوه کُلاه دماوند

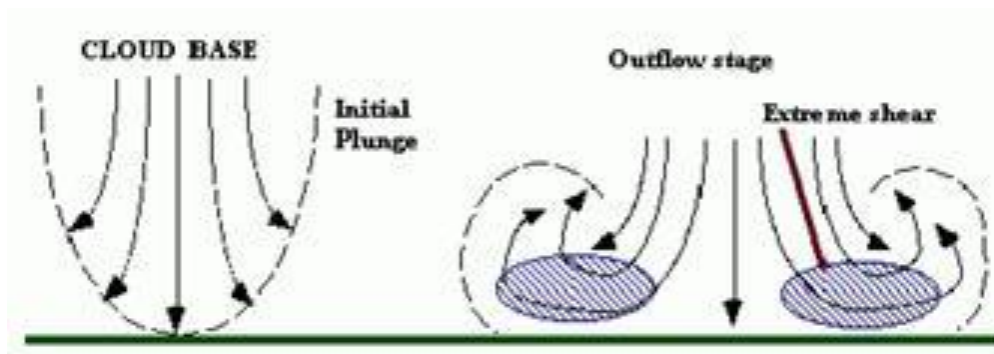
ب _ ابر غلتان، (رخش ابر) Roll Cloud

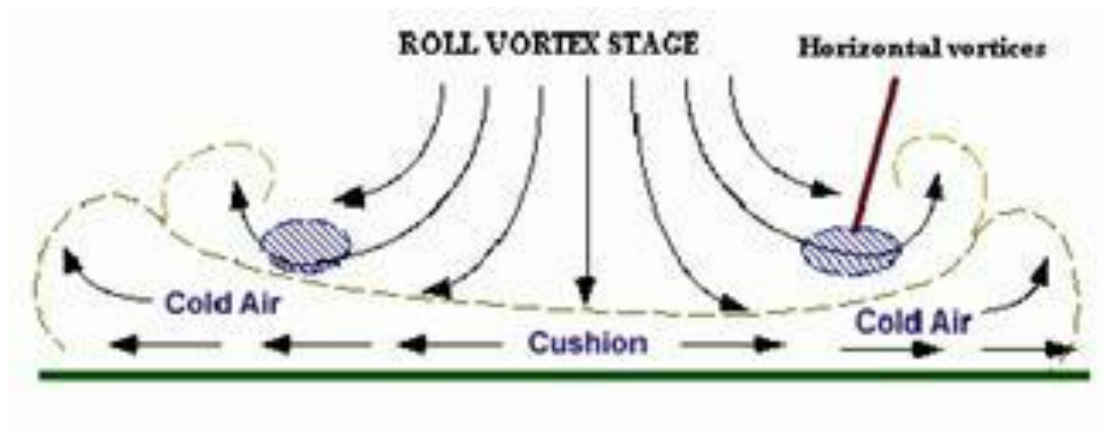
چو رخش ابر آمد فرود از فراز
دگرگونه افراخت آهنگ، ساز
بپیچیدو از بیخ زو برکنید
هر آن بودنی را که در راه دید

ابری است که همانند یک استوانه از فراز کوه به سوی دره سر می‌خورد و تلاطم‌های خطرناکی ایجاد می‌کند. یک ابر غلتان، یک ابر لوله‌ای شکل، از خانواده ابرهای کم‌انرژی Arcus Cloud است که غالباً در جبهه هوای سرد با توفان تندری و آذرخش همراه می‌شود. ابر غلتان همچنین می‌تواند نمایانگر فعالیت جریان‌های هوایی شدید روبه پایین Microburst باشد. ابرهای غلتان ویژه کوهستان هستند. حتی در کوهستان هم این ابر بسیار خطرناک کم دیده می‌شود. آنها از پایه ابرهای تندرزا و یا ابرهای دیگر کاملاً جدا هستند. از این رو است که آنها متفاوت از دیگر ابرها هستند. ابرهای غلتان معمولاً بر روی محور افقی خود می‌چرخند، اما اگر بر روی محور دیگری بچرخند، نباید با ابرهای قیفی شکل funnel clouds که زاینده گردباد Tornado است اشتباه شود.

۹ _ انفجار رو به پایین microburst

یک سقوط سنگین و غلیظ از هوای سرد چگال، و معمولاً از یک ابر در حال گذر را downburst می‌نامند. اگر این رخداد در مقیاس بزرگ اتفاق بیافتد آنرا macro burst و اگر در مقیاس کوچک خرد هواشناسی رخ دهد آنرا microburst می‌نامند. این اتفاق در کمتر از ۱۰ دقیقه و معمولاً بین ۳ تا ۵ دقیقه رخ می‌دهد، و منجر به برش یا شکاف هوایی دهشت‌باری در جهت‌های افقی و عمودی می‌شود. این رخداد می‌تواند "خشک" و یا "تر" همراه با قطره‌های کوچک باران تا رگبار سنگین باشد. حلقه‌های چرخش این انفجار در نزدیکی سطح زمین به خوبی دیده می‌شود. این پدیده، به ویژه برای خلبانان، چتربازان و صخره‌نوردان بسیار خطرناک است. یکی از نشانه‌های این رخداد بسیار خطرناک، ابر غلتان است. خطرناک‌ترین محل در محورهای افقی این انفجار قرار دارد، جایی که سرعت باد در زمان کوچکی به بیش از ۱۵۰ گره (حدود ۷۵ متر در ثانیه) می‌رسد. بیشترین توان این انفجار در حدود ۳۰ متری سطح زمین رخ می‌دهد. انفجار روبه‌پایین در زیر ۵٪ تا ۱۰٪ ابرهای Cb اتفاق می‌افتد. بیشترین محدوده اثر افقی این حدود ۴ کیلومتر است. با دوبرابر شدن سرعت سقوط هوا، microburst به یک macro burst تبدیل می‌شود.

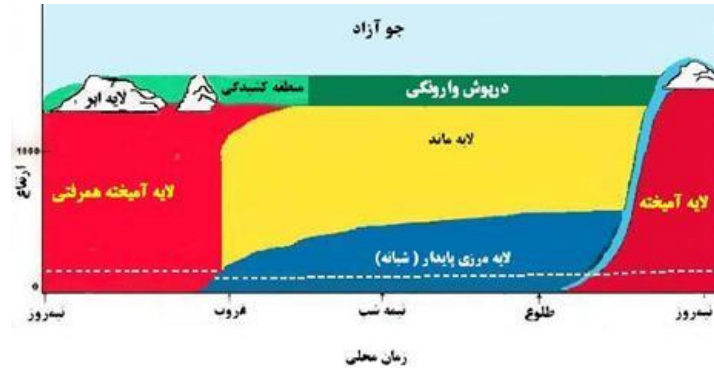




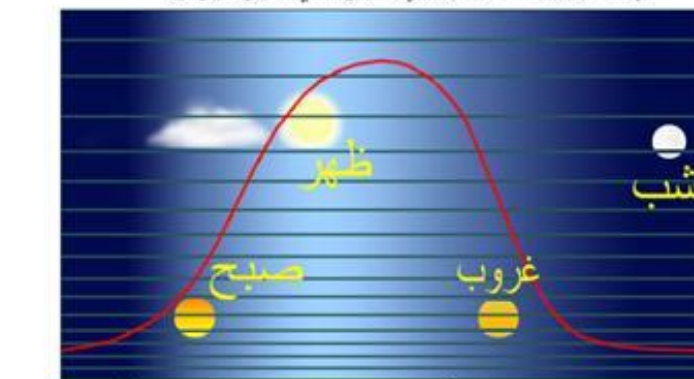
پیوست:

PBL: Planetary Boundary Layer لایه مرزی سیاره‌ای

لایه مرزی سیاره‌ای، لایه‌ای است که به دلیل اصطکاک سطح زمین از وزش بادهای سهمگین در امان مانده امکان پیدایش زندگی را ایجاد نموده است. این لایه کمابیش بر زیست‌کره biosphere منطبق است.



چرخه روزانه لایه مرزی سیاره‌ای شهر تهران



افزایش پایداری هنگام سرد شدن زمین
کاهش پایداری هنگام گرم شدن زمین

برش باد wind shear

ابرها:

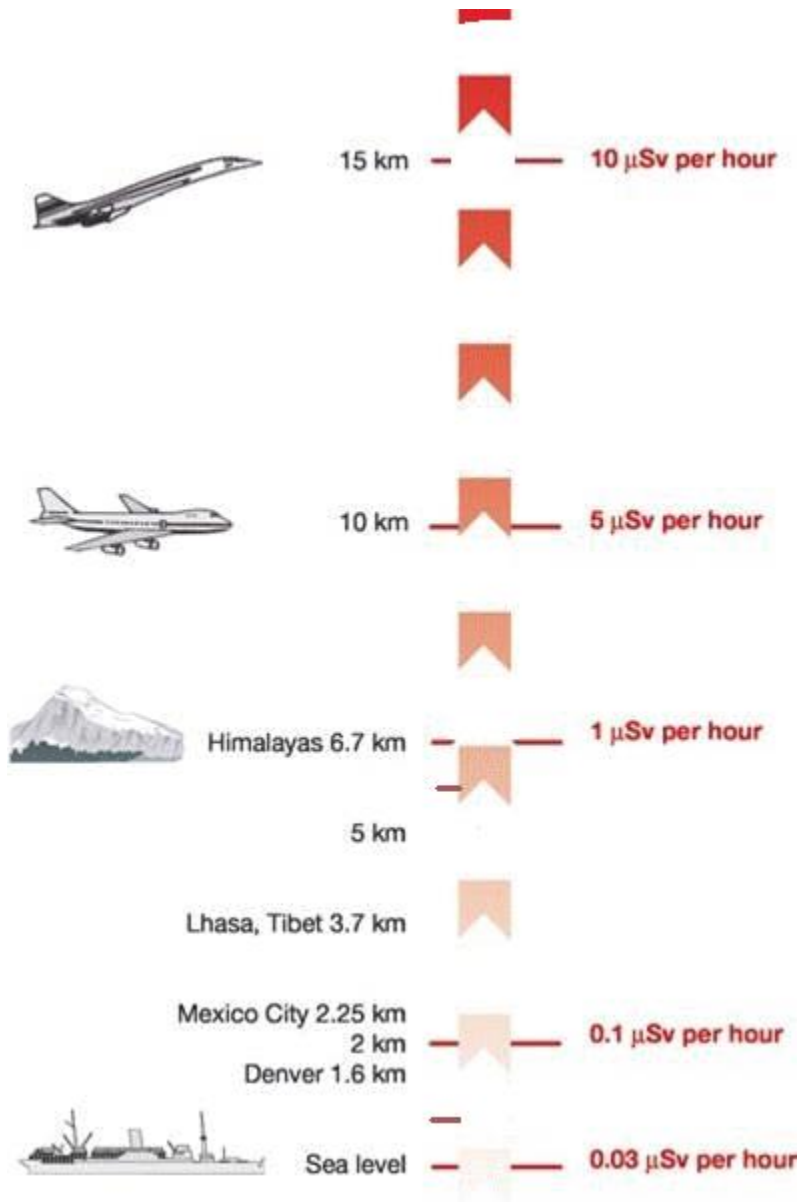
- St: Stratus
- Ci: Cirrus
- Cs: Cirrostratus
- Cc: Cirrocumulus
- Ac: Altocumulus
- As: Altostratus
- Sc: Stratocumulus
- Ns: Nimbostratus
- Cu: Cumulus
- Cb: Cumulonimbus

پرتوهای گاما

جدول ۱ : میانگین پرتوگیری سالیانه افراد از منابع پرتوزای طبیعی

دز موثر سالیانه (mSv)				
دگرگونی	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۷۲	چشمه پرتو	
- ۰,۰۲	۰,۲۸	۰,۳۰	یونساز	پرتو کیهانی
۰,۰۲	۰,۱۰	۰,۰۸	نوترونی	
	۰,۰۱	۰,۰۱	هسته های پرتوزای کیهانی	
	۰,۰۷	۰,۰۷	محیط باز	پرتوهای خارجی زمينه
۰,۰۲	۰,۴۱	۰,۳۹	محیط بسته	
- ۰,۰۰۴	۰,۰۰۶	۰,۰۱	اورانیوم و توریم	پرتوگیری ناشی از استنشاق
- ۰,۰۰۵	۱,۱۵	۱,۲	رادن - ۲۲۲	
۰,۰۲	۰,۱۰	۰,۰۷	تورن - ۲۲۰	
	۰,۱۷	۰,۱۷	پتاسیم - ۴۰	پرتوگیری ناشی از بلع
۰,۰۶	۰,۱۲	۰,۰۶	زنجیره اورانیم و توریم	
۰,۰۵۶	۲,۴۱۶	۲,۳۶	مجموع	

افزایش پرتوگیری گاما از محیط با افزایش ارتفاع



فهرست ماخذ و مراجع:

Ahrens, Essentials of Meteorology.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Special:Search?search=cap+clouds>

http://tpub.com/content/aerographer/14312/css/14312_84.htm

<http://www.auf.asn.au/groundschool/umodule21.html#shear>

<http://www.auf.asn.au/meteorology/section3.html>

<http://www.crh.noaa.gov/glossary.php?letter=m>

<http://www.noaa.com/>

UBESCEAR, "Source and Effects of Ionizing Radiation", 1993.