

Сондажи

Един сондаж може да изглежда много стряскащо, затова в този документ ще се опитаме да дадем достатъчно насоки за да може всеки след това като прегледа графиката му да си извади достатъчно адекватни заключения за това, какъв ден за летене може да се очаква. С малко усилия да бъдете в състояние да прегледате набързо един сондаж и да разберете, че ще бъде един чудесен ден за летене с качвания до 6000 фута¹.

„Сондаж“ или от английски “sounding” е вертикален профил на атмосферата над определена точка на земята. Първоначално данните за тези “soundings” са били получавани чрез метеорологични балони (на снимката) с прикрепени за тях [радиосонди](#). При конструирането на сондаж в момента



Тези, които обичат [сайтът на Бил Морингър](#) трябва да бъдат наясно, че нищо, което се случва в този сайт не става без основните термодинамични закони, изобразени на графиката на сондажа.

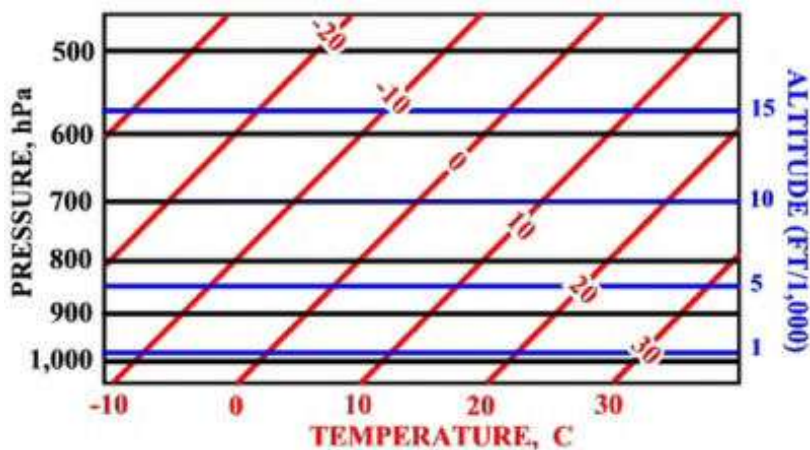
Същото важи за почитателите на [BLIPMAPS](#), така че имайте предвид, че ако основният числов модел е грешен (а той понякога е), прогнозата също ще бъде невярна. Само когато разбирате какво е показано на графиката на сондажа ще бъдете в състояние да оцените критично една прогноза на BLIPMAPS.

Между другото искам да отбележа, че въпреки, че сондажите са идеални за съставяне на прогнози за летене, те са били разработени като средство за помощ за прогнозиране на бури. Огромните усилия за събиране и разпространение на данните, които ползваме и също така усилията хвърлени в съставянето на числови модели са движени от разрушителният потенциал на циклони, урагани и гръмотевични бури а не от нашето желание да притежаваме добро средство за прогнозиране на времето за летене.

Температура и Линии на налягането

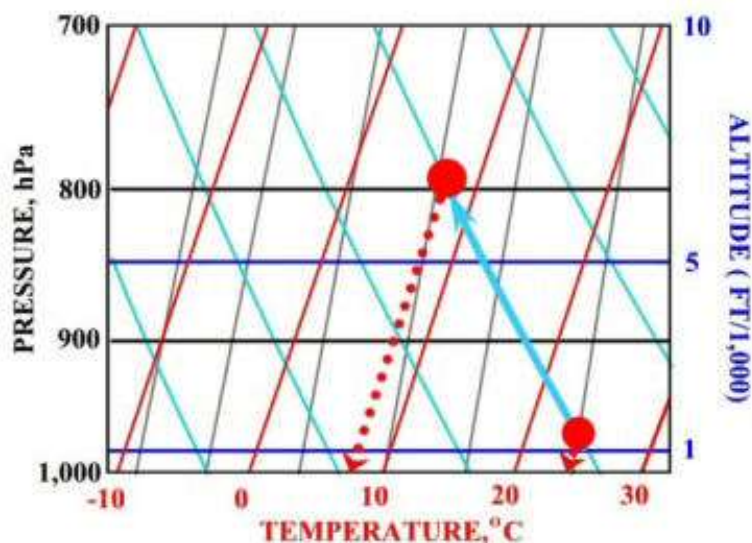
Изчистена от всички линии и лишена от каквито и да са данни в нея, диаграмата на сондажа изглежда като празна графика с изключение на факта, че червените линии са наклонени.

Температурата е изобразена върху червените наклонени линии а налягането – върху вертикалната ос (стойностите ѝ се променят логаритмично). По този начин ще можем да разгледаме променливите, които ни интересуват като по-малко или повече линейни величини. Този метод е удобен, когато правим екстраполация на графиката. За яснота съм добавил и линии показващи височината спрямо налягането (отдясно на графиката) – те са за улеснение и по принцип не са част от стандартната диаграма.



Линии на Сухата Адиабата

Линиите на сухата адиабата ни казват, какво се случва с температурата на област от въздух, когато тя се издига или спуска надолу при липса на кондензация. Важно е да имаме предвид



това, тъй като плътността и следователно „плаваемостта“ на въздуха зависят в частност от неговата температура. Те са първият пример за това, което наричам „изчислителни линии“. Изобразени са в циан (синьозелено) върху опростената графика на която съм изобразил само сухата адиабата. На нея също се вижда въздушен балон върху повърхността (в този случай на 1200 фута височина и при температура от 23 градуса) и какво се

случва с него, когато стигне 6000 фута. Този въздушен балон е опростен модел на термика. Когато се издига, той се охлажда и точната степен на охлаждане е начертана върху линиите на сухата адиабата. Забележете, че понеже температурната ос е наклонена, трябва да се внимава, когато се определя точната температура. За целта са добавени червените стрелки (с пунктир) за да е по-ясно как да се разчита температурата. Ще забележите също, че често сухата адиабата няма започва съвпада с линията на температурата на повърхността и когато това се случи не нужно тя да се начертае.

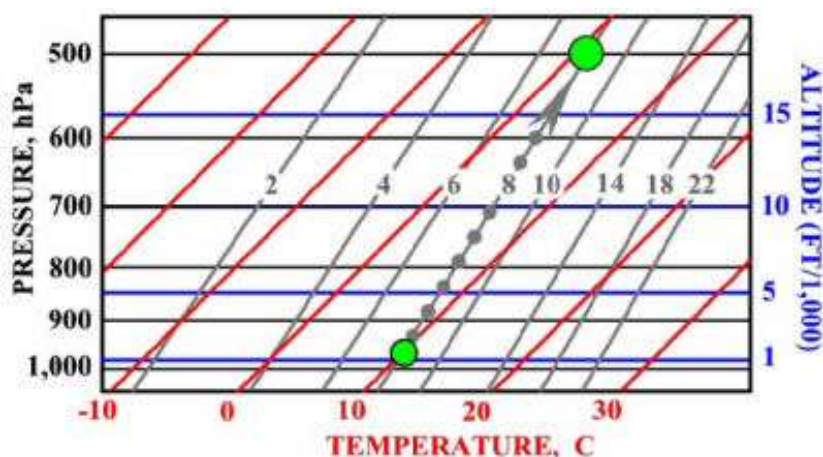
По времето, когато балонът се намира на 6000 фута, той се е охладил до 8 градуса и увеличил обемът си с около 20%. Охлаждането е предизвикано от разширяването му. С издигането му, налягането на заобикалящият въздух намалява и балонът се разширява и извършва работа избутвайки навън околния въздух. В следствие на тази работа енергията на молекулите вътре в балона намалява, което води до намаляване и на температурата.

Адиабатният процес е този, който се извършва без обмяна на топлина околния въздух, така че, когато говорим за адиабатен процес се има предвид, че балонът от въздух не се смесва с въздухът през който се движи. Това е едно възможно допускане, което правим поне в смисъла на това, че то дава полезни и постоянни резултати.

Нужно е да се отбележи, че терминът „суха“ (в суха адиабата) не означава, че въздухът е сух а че процесът на охлаждане се извършва без да изваждаме топлина вътре от балона, т.е. няма топлообмен с околния въздух. Охлаждането в случая се поражда от разширяването на обема на балона, поради разликата в между вътрешното му налягане и това на околния въздух (те се стремят постоянно да се изравнят).

Линии на съотношението въздух/вода (ЛСВВ)

Започнахме с празна графика на сондаж към която добавихме линиите на сухата адиабата. За да обясним какво се случва с точката на оросяване на издигащият се балон трябва да добавим още линии – тези на отношението въздух/вода. Промяната в температурата на точката на оросяване при издигането на балона ни интересува, тъй като когато тя съвпадне с температурата на околния въздух започва кондензация (втечняване) и съответно формиране на облаци. Вече знаем от линиите на сухата адиабата колко бързо температурата се охлажда с издигането на балона. За да предскажем дали ще се образуват облаци трябва да знаем как се изменя температурата на точката на оросяване при издигането на балона и ЛСВВ могат да ни помогнат за това. Както подсказва заглавието, става въпрос за отношение на водни пари във въздуха, изразени като грамове вода на килограм въздух. Тъй като това е отношение на тегло (а не на обем) то не се променя при увеличаване на обема на балона. В същото време обаче, температурата на точката на оросяване се променя, Балон, който се намира близо до земята с температура на оросяване 10°C има температура на оросяване 2°C на 18000фута.

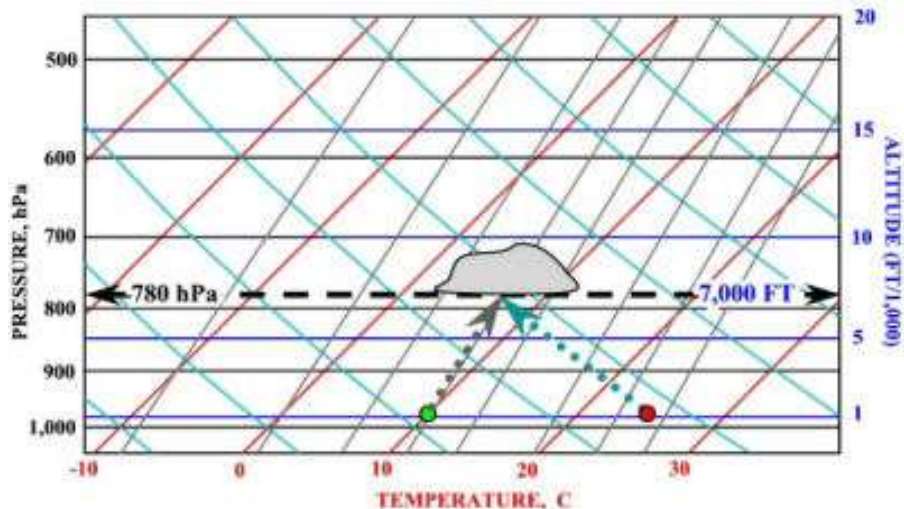


Да повторим: ЛСВВ ни помагат да разберем как температурата на точката на оросяване се променя спрямо височината. По този начин можем да проследим каква е температурата на оросяване на балон на съответната височина. Тъй като температурата на издигащият се въздух се понижава по-бързо от температурата на оросяване, бурното и бързо издигане на въздуха във височина винаги предизвиква поява на облаци.

Причината за понижаването на температурата на оросяване с издигането и охлаждането на балона е увеличаването на обема му с намаляване на налягането. Това увеличаване, както видяхме, предизвиква охлаждане и също така увеличава разстоянието между молекулите на водните пари. Тъй като втечняването е всъщност процес на струпване на молекули се очаква, че по-малкото молекули в даден обем ще доведат до по-ниска температура на оросяване – т.е. въздухът ще трябва да бъде по-студен за да започне втечняване.

Формиране на кумулуси

Със знанията си досега сме готови да разберем как се формирането на кумулусите е



представено на графиката на сондажа. Представете си, че започваме с балон, който има температура 25°C и точка на оросяване 10°C както е изобразено тук. Ако балонът бъде издигнат от повърхността до 7000 фута температурата му ще се понижи до 8°C както и температурата на оросяване ще се понижи до същата стойност - когато те са еднакви,

започва кондензационен процес (втечняване на водните пари) и образуване на облак.

Изхождайки от наблюденията по-горе можем да кажем, че формулата за определяне на базата на облаците е следствие от различната температура с която се променя температурата на балона и на точката на оросяване.

Общоприетите стойности с които се променят температурата на издигащ се балон и на температурата му на оросяване са следните:

ТЕМПЕРАТУРА НА ОХЛАЖДАНЕ НА ВЪЗДУХА (ТВ) = 5.3 °F / 1,000 FT (приблизително)

ТЕМПЕРАТУРА НА ОРОСЯВАНЕ (ТО) = 0.9 °F / 1,000 FT (приблизително)

БАЗА НА ОБЛАЦИТЕ = ((ТВ-ТО)/4.4) * 1000 FT

Можем да отбележим, че първите ни изчисления по графиката на сондажа показват, че горните формули дават достоверни резултати.

Тези, които често изчисляват обаче височината на базата по графиката на сондажа ще забележат, че въпреки всички формулата по-горе понякога облаци в небето не се образуват. Причината за това ще разясним малко по-късно, както и това, че сляпото следване на правилата не води до правилни резултати.

Lapse Rates (Охлаждане при издиганеⁱⁱ)

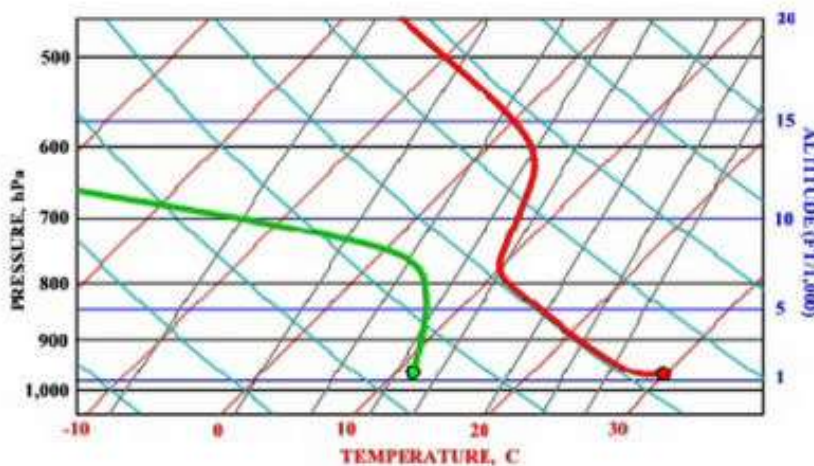
Както беше отбелязано в началото на дискусиата основните цели на сондажа за две: да предостави данни за промяната на температурата (на точката на оросяване и на околният въздух на издигащ се балон при липса на кондензация и в при наличие на такава) и да представи графично тези данни. Може би поради тях графиката на сондажа поражда известно объркване. Допълнително то се подсилва от терминът „Охлаждане при издигане“.

Съществуват четири линии на които е представено Охлаждането при издигане с които ще работим:

1. Сухо адиабатично (DALR - Dryⁱⁱⁱ Adiabatic^{iv} Lapse Rate)
2. Влажно адиабатично (SAPR – Saturated Adiabatic Lapse Rate, среща се още и като Moist Adiabatic Lapse Rate)
3. На околният въздух/атмосферата (Environmental Lapse Rate)
4. На точката на охлаждане (Dew Point)

Важно е да отбележим, че първите две са продукт на изчисления, докато другите две представят изменението на температурата на околният въздух и на точката на оросяване във височина.

На графиката са показани всичките изброени по-горе линии. Плътната червена линия показва как се изменя температурата във височина. По вертикалната ос на графиката е представено налягането а по хоризонталната – стойностите на температурата. Всяка точка от тази линия показва прогнозната температура на определена височина.



Ако проследим линията внимателно можем да открием три части в нея, които да анализираме поотделно.

1. Близо до земята температурата намалява бързо с издигане във височина.
2. От няколкостотин фута над земята до около 6000 фута температурата намалява по-бавно като степента на охлаждане се определя от линията на влажната адиабата.
3. От 6000 фута нагоре температурата намалява много по-бавно.

Нужно е да разгледаме всяка част за да разберем какво означава тя при прогнозирането на термичната активност.

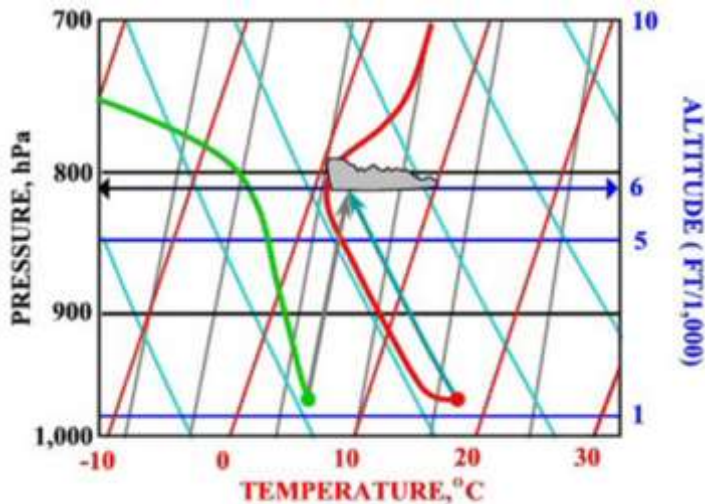
Най-ниският слой е познат още като „супер адиабатичен“. В момента, когато нагряването на приземният слой въздух бъде нагрят до температура по-висока от тази на околният въздух той започва да се издига – този издигащ се, по-топъл слой наричаме „балон“. Той е „нестабилен“ по същият начин по който е нестабилен един камък на ръба на висока скала – малко побутване и се търкулва надолу. Въпреки, че тези слоеве са сравнителни малки, в зависимост от слънчевата активност те могат да се разширят и обхванат височина от стотици фута над земята.

От мястото, където свършва приземният слой въздух, температурата започва да се изменя по линията на сухата адиабата (DALR). Балонът, който се е образувал започва да се издига бързо във височина, увеличавайки обема си и понижавайки вътрешната си температура в следствие на разширеният обем. Това е на практика термиката, която пилотите търсят.

Следващият слой обикновено наричаме „инверсия“. В нашият случай на графиката температурата продължава да се понижава във височина но много по-бавно. В „сини дни“ най-ниският инверсионен слой спира движението на балона нагоре. Въпреки, че представяме инверсионните слоеве в такава лоша светлина, както ще видим по-нататък, тяхното отсъствие може да причини доста беди.

Плътната зелена линия представя температурата на точката на оросяване. Формата ѝ е типична за хубав термичен ден, като тук имаме предвид по-специално тенденцията тя да доближава до околностите на инверсионният слой, което не е случайно и има последствия на които ще се спрем по-нататък.

Става ли за летене?



Нека разгледаме първо това от което се интересува всеки пилот – графика на хубав летателен ден. Червената плътна линия показва как ще се изменя температурата във височина. Синьозелената стрелка е успоредна на линията на сухата адиабата (DALR). На графиката тя отдалечена на около 2.5°C от линията на температурата на околния въздух до около 6000 фута, т.е. околния въздух е по-хладен от издиганият се балон – сигурен признак за нестабилен ден. Колкото по-голяма е

разликата между двете, толкова по-нестабилен е денят и по-силни са термиките.

Зелената линия и точка показват как ще се изменя температурата на точката на оросяване. Сивата стрелка, която е успоредна на линията на съотношението въздух/вода започва от височината на която се изчислява сондажа. Стрелката се пресича с линията на сухата адиабата малко под инверсионният слой, сочейки, че термиките ще завършват с кумулуси. Не на последно място, можем да забележим, че в точката на започване формирането на облаците балонът се очаква балонът все още да е по-топъл с 2.5°C в сравнение на околния въздух и в следствие на това можем да очакваме, че качването във височина няма да намалява с издигането, както понякога се случва.

Линията на оросяване е се променя точно както трябва и не можем да очакваме образуване на плътна и широка облачна маса. Също така и инверсията е достатъчна за „затапи“ растежа на облака. Ще се върнем малко по-късно на тези две подробности, тъй като до момента те не бяха разгледани и обяснени.

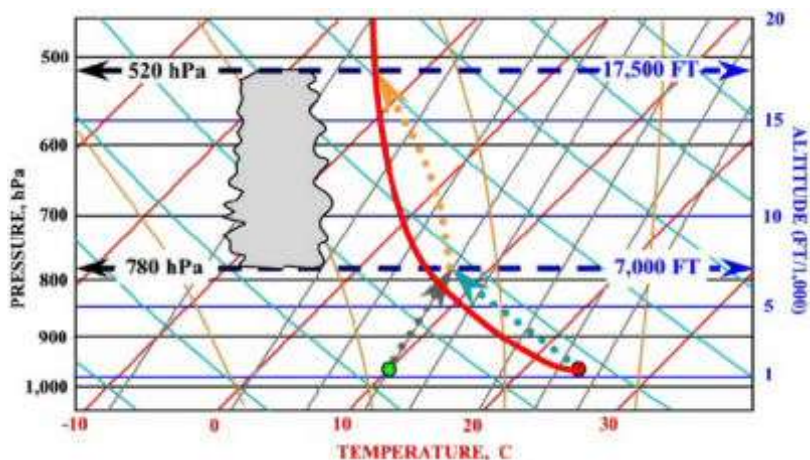
Нека повторим още веднъж това, което разгледахме току-що но за хубав летателен ден без кумулуси. Червената линия изобразява как се изменя температурата във височина. Червената точка показва каква е очакваната температура на повърхността на земята.

Синьозелената стрелка изобразява сухата адиабата и тъй като е изместена на 2.5°C от линията на температурата на околният въздух до около 6000 фута можем да очакваме ден с доста нестабилна атмосфера.

Колкото по-голяма е разликата, толкова по-нестабилен е денят и по-силни са термиките.

Зелената линия и точка показват как ще се изменя температурата на точката на оросяване. Сивата стрелка, която е успоредна на линията на съотношението въздух/вода започва от височината за която се изчислява сондажа. Този път стрелката пресича линията на сухата адиабата над инверсионният слой, показвайки по този начин, че в този ден не могат да се очакват кумулуси и качванията ще бъдат спирани от инверсията.

Какво се случва над базата на облака?

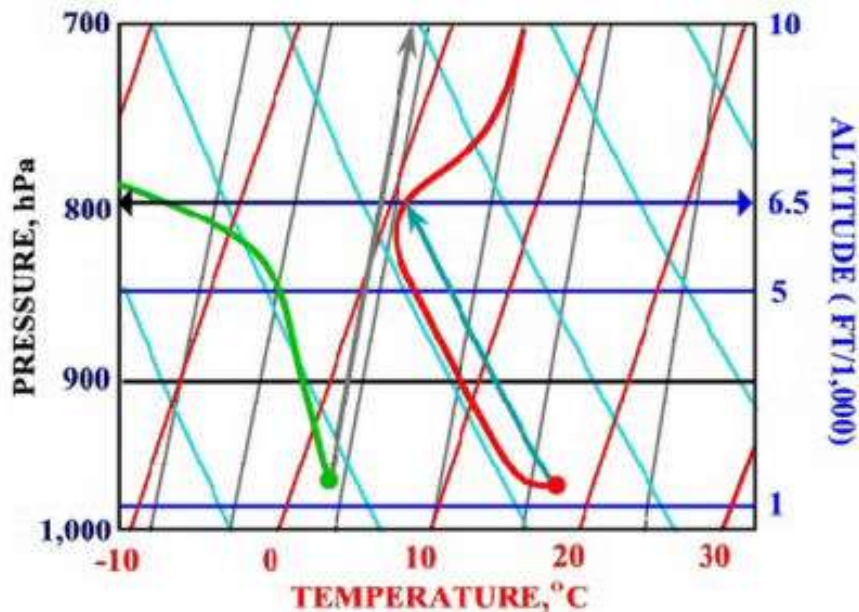


В частта, където споменахме сухата адиабата, отбелязахме, че балонът следва неговата линия до момента в който се пресече с линиите на съотношението въздух/вода. След това настъпва кондензация (втечняване) на въздуха (или по-точно на водната пара в него). При втечняването на водните пари се отделя топлина. И в случай на втечняване на големи количества водна пара се отделяш количества топлина достатъчни за образуват буреносни

облаци.

На графиката сега е добавена и влажната адиабата (с оранжев цвят). Забележете, че наклонът на влажната и сухата (в синьозелен цвят) адиабата имат доста различен наклон на по-ниска височина, където атмосферата е способна да задържи повече водна пара отколкото на голяма височина. Над 500 хектопаскала линията на влажната адиабата наклонът на двете почти се изравнява. Въздухът, който е претърпял втечняване вече веднъж продължава да се охлажда много по-бавно от още невтечненият поради вече отделената топлина при трансформацията на водната пара във вода.

Зоната във височина до 780 хектопаскала изглежда позната от примерите, които разгледахме преди това. Нестабилна въздушна маса с температура 24°C се издига до 7000 фута, където температурата на околният въздух и на точката на оросяване са много близки и тогава



настъпва втечняване на водните пари и започва образуване на кумулус. Описано по този начин, всичко изглежда добре. Има ли нещо обаче, което да е притеснително?

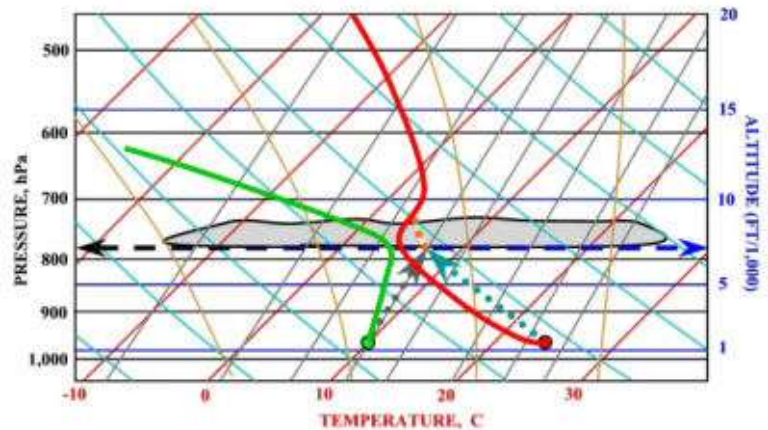
Проблемът тук е, че липсва инверсионен слой в околностите на базата на облака. В момента на втечняване балонът започва да се издига според линията на влажната адиабата и облакът нараства до 17500 фута. Ако облакът нарастне до температура под точката на замръзване е възможно да се образува дъжд (както е в случая на графиката – температурата на околният въздух достига 0°C на 700 хектопаскала височина. Фигурата на графиката е адаптирана от реален сондаж от състезателен ден в Mifflin County. Въпреки, че общо взето денят е бил добър за летене е имало изолирани случаи на буреносни облаци със силен дъжд и приземен шквал със скорост от порядъка на 100км/ч. Това е причината инверсията да е от толкова голямо значение.

Плътна и широка облачност (Spread out или Overdevelopment)

Може би доста от вас са били свидетели на спиране на добрите условия за летене поради образуване на плътна облачност. Причината това да се случи е видна от представеният сондаж:

В околностите на базата температурата на точката на оросяване и на околният въздух са твърде близо. Влажността в този случай е изключително висока и разсейването на облаците става бавно.

В случай, че разликата между температурата на оросяване и на околният въздух в базата на облака е по-малка от 3°C е възможно да се образува плътна облачност. Колкото по-малка е разликата, толкова по-висок е шансът.



Цируси и други облаци

Общите прогнози обикновено представят метеопрогнозата с думи като „частична облачност“ или „преобладаваща облачност“ но никога не казват какъв вид ще е облачността. За това можем да използваме всеки един сондаж за да разберем височината и плътността на облачния слой, като съдим за това по областта, където линиите на температурата на оросяване и на околния въздух се доближават.

Обобщение

Сондажите представят профила на атмосферата над определена точка на повърхността на земята. В това се включват данни за температурата на околния въздух, на точката на оросяване и скоростта и посоката на въздуха от повърхността до около 80000 фута. В допълнение на това графиката ни дава възможност да проследим развитието на случващото се във височина чрез линиите на сухата и влажната адиабати и линиите на съотношението въздух/вода.

Тези графики са добро средство за съставяне на прогнози за летене. С малко усилие всеки, който се интересува от прелети може да получи добра представа за условията през деня като разгледа сондажа.

ⁱ За означаване на височината в документа се използват футове. Преизчисляването в метри може да се направи чрез съотношението 1 фут = 0.3048 метра

ⁱⁱ Терминът Lapse Rate се дефинира в английски като степента на намаляване на атмосферна променлива с издигане във височина. Ако не е посочено изрично друго за атмосферна променлива се приема температурата. За целите на тази статия ще използваме по-краткото „Охлаждане при издигане“.

ⁱⁱⁱ Dry или Сух – има се предвид първоначалното състояние на балона, неговата първоначална температура преди да започне процесът на кондензация.

^{iv} Adiabatic – буквално означава „без топлина“. Има се предвид, че при издигането си балонът се охлажда само поради намаляване на налягането вътре в балона, като оттам намалява и температурата му. Т.е. за целите на разбирането на процеса не отнемаме от вътрешната топлина на балона за да го охладим.