

8 Atmosférické zrážky.

Ciel' štúdia témy:

Študent využije teoretické poznatky z teórie tvorby oblačnosti na vznik zrážok ich druh a výskyt spojených s konkrétnym typom oblačnosti.

Na základe tejto témy študent:

- pochopí vznik rôznych druhov atmosférických zrážok;
- získa znalosti o výskyte zrážok v závislosti od typu oblačnosti;
- pochopí vplyv zrážok na bezpečnosť leteckej prevádzky.

Hlavné body – pojmy k zapamätaniu:

- klasifikácia zrážok;
- vznik rôznych druhov zrážok;
- druhy zrážok v závislosti od typu oblačnosti.

Kľúčové slová:

- zrážky, dážď, sneh, krúpy, prehánky.

Základná študijná literatúra:

- Petr Dvořák, Letecká meteorologie
- Sobota: Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A), Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2002
- Kulčák a kol.: Učebnice pilota vrtulníku PPL(H) část II, akademické nakladatelství CERM s.r.o Brno, 2009
- ATPL Ground Training Series Meteorology, Book 9, EASA - First Edition Revised for NPA 29, CAE Oxford Aviation Academy (Oxford) Limited 2018
- Kol. autorů: Meteorologický slovník výkladový terminologický, Academia Praha, 1993

8.1 Zrážky, ich vznik a meranie

Atmosférické zrážky sú definované ako častice, ktoré vznikli kondenzáciou alebo depozíciou vodnej pary v ovzduší. Vyskytujú sa v atmosfére, na povrchu zeme alebo na predmetoch v kvapalnom alebo pevnom skupenstve. Radíme ich medzi hydrometeory. V leteckej meteorológii sa zrážky označujú anglickým výrazom „precipitation“.

Plošný výskyt zrážok môže byť značne premenlivý, a to ako rámci lokálneho tak i globálneho merítka. Ich množstvo kolíše v globálnom merítke v závislosti na klimatickom pásme a súvisí so všeobecnou cirkuláciou atmosféry. V globále sa tak tvoria vlhké a na zrážky bohaté oblasti s rozsiahlymi lesnými porastmi. V klimaticky suchších pásmach sa naopak tvoria svetové púšte. V rámci jednotlivých klimatických pásiem sa môžu od seba oblasti odlišovať najmä pôsobením miestnych alebo regionálnych zvláštností ako vzdialenosť mora, geomorfologická konfigurácia terénu, výskyt zrážkových tieňov a podobne. Pole zrážok je teda značne premenlivé a utvára tak i k nemu prislúchajúci charakter krajiny.

8.1.1 Vznik zrážok

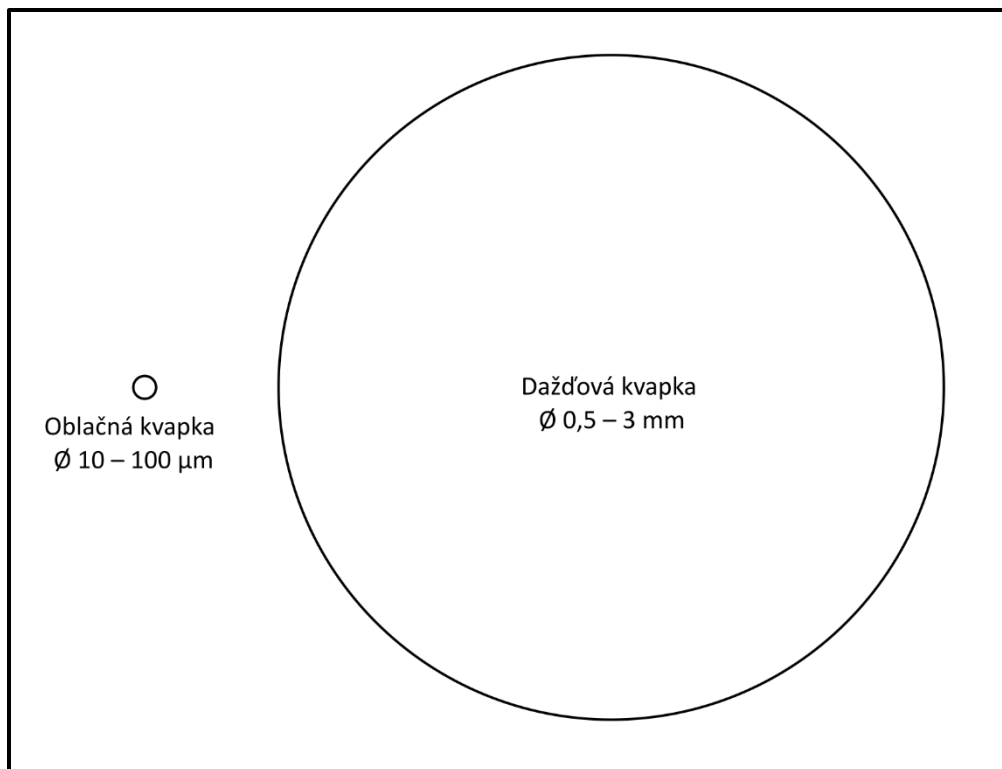
Základným predpokladom na tvorbu zrážok v oblačnosti je *koloidálna nestabilita mraku*. Jedná sa o nehomogénnosť spektra veľkosti alebo skupenstva oblačných elementov. Inými slovami, ak je mrak zložený z vodných kvapiek rôznej veľkosti alebo je tvorený zmesou vodných a ľadových elementov, jedná sa o mrak koloidálne nestabilný.

Častice tvoriace oblačnosť sú v priemere veľké okolo 0,02 mm a sú príliš malé na to aby mali významnejšiu rýchlosť padania. Oblačnosť tvorená takýmito elementmi je koloidálne stabilná a zrážky z nej nevypadávajú. Ak Výstupné prúdy, ktoré sa podieľajú na tvorbe oblačnosti sú dostatočne silné na to aby sa tieto častice voľne vznášali vo vzduchu. Ak je mrak koloidálne nestabilný, niektoré z elementov tvoriacich oblačnosť začnú narastať na úkor iných. Vzájomnými zrážkami alebo inými fyzikálnymi procesmi sa veľkosť vodných kvapiek alebo kryštálikov ľadu môže zväčšovať až natoľko, že sila výstupných prúdov nestačí na ich udržanie vo vzduchu a tieto častice začnú z oblačnosti vpadávať.

Sú známe tri spôsoby nárastu častíc tvoriacich oblačnosť:

- Koalescencia;
- Nárast väčších kvapiek na úkor menších;
- Bergeron-Findeisenov princíp.

Každý s uvedených spôsobov je dominantný v inom klimatickom pásme má za následok typicky vyskytujúce sa zrážky v danej oblasti.



Obrázok 1 Porovnanie veľkosti častice tvoriacej oblačnosť s dažďovou kvapkou

Koalescencia – splývanie častíc vzájomnými zrážkami. Jedná sa o narastanie dažďových kvapiek najmä v konvektívnej oblačnosti. Je dominantným spôsobom tvorby zrážok v teplých oblastiach, najmä v okolí rovníka, v našich zemepisných šírkach má skôr pomocný charakter. Koalescencia prebieha nasledovnými spôsobmi:

- Gravitačná, zapríčinená rôznymi pádovými rýchlosťami častíc;
- Turbulentná, následkom fluktuácie prúdenia vzduchu;
- Elektrostatická, spôsobuje priťahovanie kvapiek s opačným elektrickým nábojom;
- Spontánna, na základe Brownovho pohybu.

Dominantnou formou nárastu vodných kvapiek je gravitačná koalescencia. Väčšie vodné kvapky počas svojho pádu zachytávajú menšie a tak narastajú.

Nárast väčších kvapiek na úkor menších, kde napätie nasýtených vodných pár pri danej teplote rastie so zakrivením kvapiek. Vzduch teda môže byť nasýtený vzhľadom k väčším kvapkám ale nenasýtený pre menšie kvapôčky. V tomto prípade sa menšie kvapôčky vyparia a vodná para následne kondenzuje do väčších kvapiek. Tento proces je dominantný v kopovitej oblačnosti a zohráva významnú úlohu pri tvorbe zrážok v tropických oblastiach. V pásme miernych šírok tento proces spôsobuje skôr tvorbu slabších prehánok.

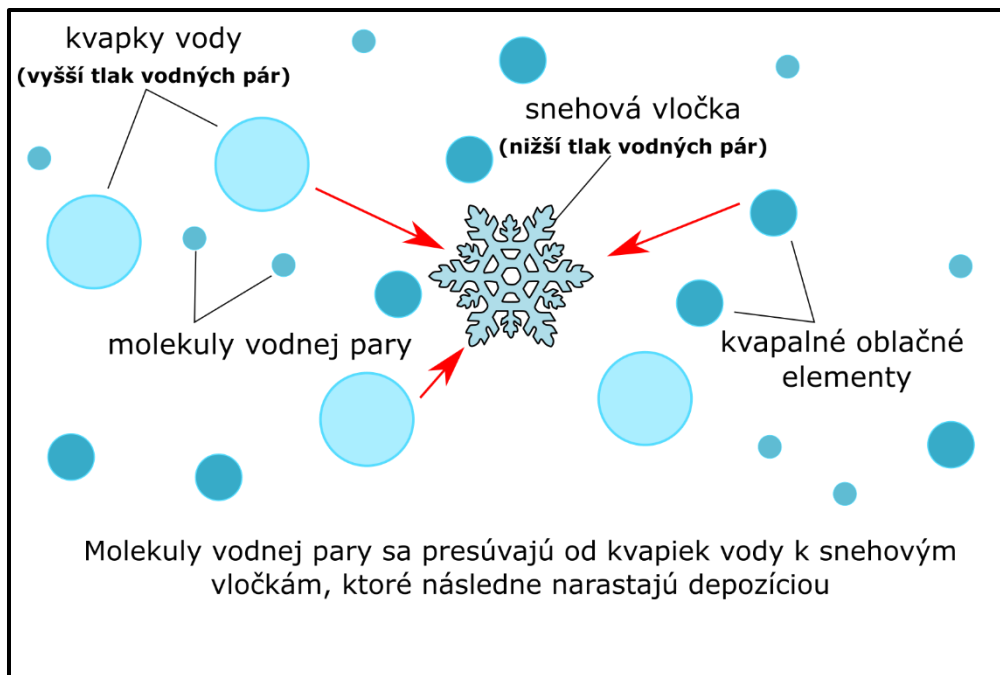
Bergeron-Findeisenov proces sa prejavuje pri záporných teplotách v oblačnosti tvorenej zmesou pevných a kvapalných častíc, kedy platí vzťah:

$$E_v > E_r$$

Kde:

- E_v je tlak nasýtených pár nad vodou;
- E_r je tlak nasýtených pár nad ľadom.

Pri záporných teplotách je tlak nasýtených pár nad vodou väčší ako tlak nasýtených pár nad ľadom. Pri súčasnej prítomnosti kvapôčok vody a kryštálikov ľadu sa prebytočná vlhkosť pre ľad usadzuje na kryštálikoch ľadu. Tie narastajú a odoberajú tak vodné pary z okolia, čím znížia stav nasýtenia vodnými parami nad vodou. Kvapôčky vody sa teda vyparujú. Možno teda tvrdiť, že ľadové kryštáliky narastajú na úkor podchladených kvapiek vody.



Obrázok 2 Ľadové kryštáliky narastajú na úkor podchladených kvapiek vody

Snehové vločky vznikajú depozíciou, nie zamráním vodných elementov tvoriacich oblačnosť. Na proces formovania tvaru snehovej vločky pôsobí veľa premenných faktorov ako smer a rýchlosť prúdenia vzduchu, teplota vzduchu pri formovaní vločiek, zmeny teploty vzduchu a vlhkosti počas pádu vločky, vzájomné zrážky snehových vločiek a pod. Z tohto vychádza tvrdenie, že nemožno nájsť dve úplne rovnaké snehové vločky.

8.1.2 Meranie množstva zrážok

Zrážky sú jedným zo základných meteorologických prvkov, ktoré je možné kvantifikovať. Na ich meranie sa používa prístroj zvaný zrážkomer. Množstvo zrážok nazývaný i *úhrn zrážok* je množstvo vody spadnutej v kvapalnej i pevnej forme za určité časové obdobie. Úhrn zrážok sa meria v milimetroch a predstavuje vodný stĺpec v mm na m², t.j. 1 mm zrážok činí 1 liter vody na m². Ak sa jedná o pevné zrážky, ich úhrn predstavuje množstvo po ich roztopení. Napríklad v prípade snehu sa rozoznáva výška snehovej pokrývky v cm a úhrn snehových zrážok v milimetroch vody získaného z roztopeného snehu napadnutého za príslušné obdobie.



Obrázok 3 Staničný zrážkomer

Pri zrážkach sa pozoruje a zaznamenáva čas ich výskytu, druh a intenzita. Na meranie priebehu zrážok v čase sa používa prístroj zvaný ombrograf. Meraním úhrnu zrážok sa okrem meteorologických staníc zaoberajú i špecializované – zrážkomerné stanice, ktoré môžu byť dobrovoľné alebo automatické. V ťažšie dostupných oblastiach sa zrážky merajú iba raz za isté časové obdobie napríklad raz za mesiac. V takomto prípade sa využívajú špeciálne zrážkomery, tzv. totalizátory, ktoré sú vybavené systémom proti vyparovaniu napadanej vody z prístroja.

Meranie množstva zrážok má veľký význam pre poľnohospodárstvo pre potreby dodatočného zavlažovania. Hydrologické spravodajstvo využíva meranie úhrnu zrážok pre účely predpovedania prietoku riek a stupňov ich povodňovej aktivity, prípadne pre projektovanie kapacít odtokových kanálov v mestských aglomeráciách alebo v dopravnej infraštruktúre. Pre letectvo nemá meranie množstva zrážok väčší praktický význam, avšak ich druh a intenzita môže byť pre leteckú prevádzku do istej miery obmedzujúca. Jedná sa najmä o prípady výskytu mrznúcich zrážok, kedy hrozí námraza na lietadlách a na pristávacích dráhach a pri výskyte krúp, ktoré znamenajú pre leteckú prevádzku značné riziko.

8.2 Klasifikácia zrážok

Zrážky sa môžu líšiť v rámci ročného obdobia i dennej doby, svojím množstvom i formou v akej sa vyskytujú. Možno ich bližšie špecifikovať na základe vybraných kritérií, ktoré možno vzájomne kombinovať. Na základe povahy zrážok ich možno klasifikovať z viacerých hľadísk:

- Pôvod zrážok;
- Trvanie a priestorový charakter zrážok;
- Skupenstvo zrážok;
- Intenzita zrážok;
- Druhy zrážok.

Z hľadiska pôvodu poznáme dva základné druhy zrážok:

- *Zrážky vypadávajúce z oblačnosti.* Súvisia s tvorbou oblačnosti a sú vo všeobecnosti známe ako dážď alebo sneženie. Priestorový a časový výskyt priamo súvisí s tvorbou oblačnosti. Zrážky začnú vypadávať z oblačnosti vtedy keď ich veľkosť narastie až ma takú mieru, že ich tiaž je väčšia ako sila výstupných prúdov, ktoré sa podieľajú na tvorbe oblačnosti;
- *Usadené zrážky* vznikajú kondenzáciou alebo depozíciou, v závislosti od teploty vzduchu, na zemskom povrchu alebo predmetoch blízko neho. Vo všeobecnosti sú známe ako rosa alebo námraza. Môžu vzniknúť aj pri bezoblačnej oblohe pri dosiahnutí stavu nasýtenia ovzdušia vodnými parami. S nárastom teploty v dopoludňajších hodinách sa rýchlo vyparujú späť do ovzdušia.

Podľa trvania a priestorového charakteru zrážky delíme na:

- *Trvalé* – vypadávajú rovnomerne z vertikálne mohutných vrstiev oblačnosti Ns, As. Tento typ oblačnosti má značný horizontálny rozsah, menšiu intenzitu zrážok, avšak dlhotrvajúci charakter, trvajú bez prestania minimálne jednu hodinu;
- *Občasné* – tento typ zrážok vypadáva z vertikálne menej rozvinutej oblačnosti typu St, Sc, As, sú charakteristické malou intenzitou zrážok. Jedná sa o zrážky, ktoré boli behom poslednej hodiny prerušované ale nemali charakter prehánok;
- *Prehánky* – sú zrážky výhradne spojené s konvektívnou oblačnosťou typu TCU a CB. Vyznačujú sa náhlym začiatkom i koncom, rýchlym kolísaním intenzity a obvykle krátkym trvaním. Prehánka zasahuje iba oblasť obmedzenú na výskyt konvektívnej oblačnosti, bývajú preto malého horizontálneho rozsahu, no značnej intenzity.

Podľa skupenstva delíme zrážky na:

- *Pevné*, pri teplotách pod alebo tesne nad bodom mrazu;
- *Kvapalné*, pri teplotách nad bodom mrazu;
- *Zmiešané*, pri existencii vrstvy s teplotou nad bodom mrazu vo výške alebo tesne nad zemským povrchom nad bodom mrazu cez ktorú pôvodom tuhé zrážky prepadávajú, no nestihnú sa kompletne zmeniť na kvapalnú formu.

Intenzita zrážok závisí od intenzity vertikálnych výstupných prúdov. Ak sú silnejšie, možno očakávať i väčšie častice vpadávajúce z oblačnosti, čo má za následok vyššie úhrny zrážok. Intenzita zrážok sa pri daždi určuje na

základe množstva napadanej vody, ktorá by pri danej intenzite napadala za hodinu. Pri snežení v cm za hodinu. Rozoznávame zrážky slabé, mierne a silné.

Tabuľka 1 Kritériá na určenie intenzity zrážok podľa úhrnu za hodinu

Intenzita	Anglický výraz	Skratka	Dážď [mm/h]	Sneženie [cm/h]	Prehánky [mm/h]
Slabné	Light	nepoužíva sa	< 0,5	< 0,5	< 2
Mierne	Moderate	MOD	od 0,5 do 4	od 0,5 do 4	od 2 do 10
silné	Heavy	SEV	> 4	> 4	> 10

Na určovanie intenzity zrážok používa meteorologická služba automatické zrážkomery. Stanice, ktoré nie sú vybavené automatickými zrážkomermi využívajú na určenie intenzity zrážok pokles dohľadnosti, ktorú vypadávajúce zrážky redukovú. O vzťahu zrážok a dohľadnosti bude pojednané v kapitole venujúcej sa dohľadnosti.

8.2.1 Druhy zrážok

Podľa WMO sú známe nasledovné typy zrážok. V základnej leteckej meteorologickej správe METAR sa tieto zrážky uvádzajú pomocou skratky, ktorá je uvedená pri jednotlivých druhoch.

- *Dážď* (rain - RA), vodné kvapky vypadávajúce z oblačnosti s priemerom väčším ako 0,5 mm, zvyčajne nepresahuje 5,5 mm;
- *Mrholenie* (drizzle - DZ), pomerne rovnomeré husté kvapky s priemerom menším ako 0,5 mm. Zvyčajne vypadávajú z nízkej oblačnosti typu Stratus;
- *Sneh* (snow - SN), snehové vločky zmrznutých vodných pár ktoré vznikli depozíciou
- *Snehové zrná* (snow grains - SG), nepriehľadné guľôčky matnej alebo bielej farby, pri dopade neodskakujú ani sa netriešťa, sú obvykle menšie ako 1 mm. Nikdy nevypadávajú z konvektívnej oblačnosti;
- *Zmrznutý dážď* (ice pellets - PL) – tiež nazývané i ľadové zrná. Sú to priehľadné ľadové častice, ktoré vznikli zamrznutím dažďových kvapiek ktoré prepádali cez vrstvy zo zápornými teplotami. Pri náraze na zem obvykle odskakujú j počuteľný šum. Nevyskytuje sa v prehánkach, nevypadáva z konvektívnej oblačnosti;
- *Ľadové ihličky* (ice needles - IC) hovorovo zvaný diamantový prach. Jendá sa o veľmi drobné ľadové kryštáliky poletujúce v ovzduší pri jasnej oblohe;
- *Snehové krúpy* (snow pellets - GS) biele nepriesvitné častice 2 – 5 mm veľké, pri dopade na zem sa často triešťa a odskakujú. Vyskytujú sa v prehánkach pri teplotách okolo 0 ° C spolu so snehom alebo dažďom;
- *Krúpy* (small hail - GS) sú zrážky zložené z priehľadných ľadových častíc, ktoré majú prevažne guľovitý, výnimočne kužeľovitý tvar s priemerom do 5 mm. Krúpy sú spojené výlčne s konvektívnou oblačnosťou a môžu byť zárodkami tvoriacich sa krúp;
- *Krúpy* (Hail - GR) guľové alebo nepravidelné kusy ľadu 5 až 50 mm veľké niekedy i väčšie, vynikajú zásadne v konvektívnej oblačnosti typu Cumulonimbus s veľkou vertikálnou rýchlosťou výstupného prúdu. K najväčším zdokumentovaným krúpam patrí krúpa veľká 44 cm a 766 g ťažká v Kansase 3.9.1970 s predpokladanou rýchlosťou pri dopade 43 m/s.

Vzhľadom na fakt, že deje prebiehajúce v prírode sú značne variabilné, občas sa pri vhodných podmienkach kombinujú isté typy zrážok navzájom. Napríklad pri teplotách tesne nad bodom mrazu sa môže vyskytovať kombinácia snehu a dažďa skratkou označovaná ako SNRA. Pri súčasnom výskyte nízkej stratovitej oblačnosti a oblačnosti typu Altostratus nad ňou, z ktorej vypadáva dážď sa občas vyskytuje dážď s mrholením označovaný ako DZRA. Zrážky môžu vypadávať vo forme prehánok ak sú spojené s výskytom kopovitej oblačnosti alebo môžu mať občasný či trvalý charakter.

Pri teplotách pri zemskom povrchu pod bodom mrazu môžu pôvodom kvapalná forma zrážok mrznúť pri dotyku s podchladeným povrchom a vytvárať námrazkové javy. Vtedy hovoríme o mrznúcom daždi, či mrznúcom mrholení, ktoré je extrémne nebezpečné nie len pre letectvo, no i pre iné ľudské činnosti ako je doprava, či distribúcia elektrickej energie.

8.3 Vzťah zrážok a oblačnosti

Pri klasifikácii druhov zrážok už bolo naznačené, že isté druhy zrážok sa vyskytujú výhradne v spojení s kopovitou oblačnosťou a vypadávajú teda vo forme prehánok. Iné druhy zrážok sa vo forme prehánok nevyskytujú nikdy ako napríklad mrholenie, ktoré je výhradne spojené so slohovitou oblačnosťou. Vzťah medzi druhmi zrážok a typmi oblačnosti je vyjadrený v tabuľke.

Tabuľka 2 Vzťah medzi výskytom zrážok a druhom oblačnosti

	Trvalý dážď/sneženie	Občasný dážď/sneženie	mrholenie	prehánky	krúpy/krúpkky	virga
St			●			
Sc		●	●			●
Cu				●		●
Ns	●					●
As	●	●				●
Ac						●
Cs						
Cc						●
Cs						●
Cb				●	●	●

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že nie z každej oblačnosti zrážky vypadávajú, prípadne ak sa vyskytujú tak len tesne pod jej základňou. Zrážky, ktoré sa vyparia do ovzdušia skôr ako dosiahnu zemský povrch sa nazývajú virga. Virga nemajú výraznejší vplyv na pokles dohľadnosti počas letu, môžu však znamenať nebezpečenstvo tvorby námrazy, ak sa nachádzajú vo výškach, kde je teplota pod bodom mrazu.

Oblačnosť s ktorej zrážky nevypadávajú je koloidálne stabilná a teda nespĺňa jednu zo základných podmienok na tvorbu zrážkových elementov a ich narastanie do miery potrebnej na vypadávanie z oblačnosti.

Kontrolné otázky a úlohy overujúce pochopenie témy:

- Definujte atmosférické zrážky.
- Aký je rozdiel medzi usadenými a vypadávajúcimi zrážkami?
- Kedy zrážky vypadávajú z oblačnosti?
- Uvedte spôsob tvorby snehových vločiek v oblačnosti.
- Aký je rozdiel medzi krúpkami a krúpami?
- Aký je rozdiel medzi občasnými zrážkami a prehánkami?
- Akými prístrojmi sa meria množstvo zrážok?
- Aké jednotky sa používajú na meranie úhrnu zrážok a čo predstavujú?
- Akou intenzitou môžu zrážky vypadávať? Uvedte anglické názvy intenzity zrážok.
- Z ktorých druhov oblačnosti zrážky nikdy nevypadávajú?
- Uvedte druhy zrážok, ktoré sú spojené s oblačnosťou typu Ns
- Uvedte druhy zrážok, ktoré sú spojené výhradne s oblačnosťou Cb a v akej forme vypadávajú.