

МИКРОКЛИМАТ НА ПЕЩЕРИТЕ

Алексей Стоев

Пещерният микроклимат е един от важните компоненти на карстовите кухини, който може да бъде изследван от всеки спелеолог и прониквачна група. Тези изследвания са още по-ценни, когато нараства броя на измерванията в едни и същи участъци от пещерните галерии, при това в различни сезони.

Използвайки многогодишни епизодични и полустационарни метеорологични наблюдения е установено, че микроклимата на карстовите пещери рязко се различава от метеорологичната обстановка в дадената местност. Върху него съществено влияние оказват морфологичните особености на пещерите, надморската височина на местността, степента на напуканост на карстовия масив, експозицията на входния отвор и много други фактори. В спелеологията в понятието МИКРОКЛИМАТ включваме и тези локални условия, които оказват влияние както на преноса на енергии през стените на галериите и залите, входа на пещерата, така и на топлинните усещания на прониквача-спелеолог. Това понятие включва в себе си всички климатични характеристики (температура и влажност на въздуха, скорост и посока на въздушните течения, топлинната радиация от и към стените и входа(изхода) на пещерата). В това число е желателно да бъдат изследвани съпътстващите фактори, като температура и химически състав на големи водоеми и течащи води, концентрация на CO_2 , порьозност на скалата и др.

ОСНОВНИТЕ МИКРОКЛИМАТИЧНИ ПАРАМЕТРИ в пещерите са атмосферното налягане, температурата и влажността на въздуха, а така също и скоростта, посоката на движение и газовия състав на въздуха. За тяхното измерване се използват стандартни метеорологични прибори: 1. барометър-анероид (с грешка ± 10 Па), 2. срочни максимални и минимални термометри (с грешка $\pm 0.1 - 0.2$ $^{\circ}\text{C}$), 3. аспирационен психрометър (с грешка $\pm 1 - 2\%$), 4. чашков или витлов анемометър (с грешка $+0.1 - 0.2$ м/сек), 5. газоанализатори (с грешка $\pm 0.5\%$ CO_2 или CH_4). За непрекъсната регистрация на промените на температурата, влажността или налягането на въздуха се използват денонощни или седмични термографи, хигрографи и барографи (с грешка $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 1 Мб и 1% по влажност).

При маршрутни измервания температурата и влажността на въздуха се измерват през всеки 5 до 10 метра на разстояния $R^{1/2}$ от стените на вертикалните части или $0.4K$ от дясната или лявата стена на хоризонталните галерии на пещерата (тук R е радиуса на пропастта в метри, а K е височината на галерията в метри). Желателно е през всеки 100 до 150 метра да се прави микроклиматичен разрез. В него се извършват измервания на въздушните слоеве на височини 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 м от пода по три или четири вертикала в центъра на галерията и близо до двете ѝ стени. Ако пещерата или пропастта имат голяма дълбочина, то допълнително трябва да се извършат измервания на атмосферното налягане с прецизен барометър. Локалните измервания на метеоелементите се извършват на 0.05 - 0.2 м от пода в средата на галерията с отбелязване на характерното му покритие (пясък, чакъл, лед, глина и др.).

ОСНОВНАТА ЗАДАЧА на микроклиматичните изследвания е да се определят температурните и влажностни характеристики на спелеоатмосферата в т.н. константна зона на пещерите.

Във всяка пещера съществува зона около входа с различна дължина, където в разните годишни сезони (или при рязка промяна на климатичните условия на повърхността) се наблюдават големи промени на температурата и влажността, достигащи десетки градуси и проценти относителна влажност. Амплитудата на тези промени на микроклиматичните параметри намалява с отдалечаването на метеостанциите от входа. В крайна сметка се достига до зоната на константните температури и влажност (ЗКТВ), където денонощните, седмичните, а понякога и сезонните промени на температурата и влажността практически отсъстват.

Температурата и влажността на тези ЗКТВ са сравнително устойчиви характеристики за карстовите пещери от даден климатичен тип. Във водни пещери е необходимо да се измерва температурата на водата във всички водотоци и водоеми с помощта на термометър (с точност $\pm 0.2\text{eC}$). При измерване температурата на водата от подземни реки и големи езера, същата се измерва през 50 м, а така също и на мястото на всеки приток преди вливането му в основната водна артерия или водоем.

ОСНОВНИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕЩЕРНАТА АТМОСФЕРА

В микроклиматологията се използват два основни модела на пещерна атмосфера - статичен и динамичен. Повечето от едновходовите пещери с голям отвор и собствен обем се отнасят към СТАТИЧНИТЕ. При това, ако пещерата е низходяща през зимата, охлажданият и по-плътен външен слой на приземната атмосфера измества този в пещерата и я запълва до входа (вж фиг. 1А). През лятото топлият въздух може да затопли само горната част на пещерата. По-ниските и части се затоплят много бавно, за сметка на топлообмена със стените на галерията. При такива пещери средногодишната температура на въздуха е не по-голяма от 2 - 5eC, а през зимния период достига до -4 - -8eC. Стабилизирането на този климатичен режим във времето обикновено води до натрупването на големи количества пещерен лед. Такива пещери се наричат "пещери - хладници" или "пещери - ледници".

Входовете на някои пещери през зимата се покриват със снежни тапи. При това се получават условия за възникване на т.н. парников ефект, което повишава средномесечната температура през зимния сезон (фиг. 1Б).

При възходящите пещери с големи входни отвори климатичната картина е полюсно различна (фиг. 1В). През лятото те добре се затоплят и натрупват големи количества топъл въздух. През зимата охлаждането им се получава само благодарение на топлоотдаването през стените на галериите и залите. Средногодишната им температура е в границите 9 -- 12eC, а температурата през летния сезон достига 14 - 16eC. Такива пещери се наричат топли (топлици).

Целта на изучаването на аеродинамичните параметри на карстовите пещери е определяне на условията за тяхното проветряване. Естествените причини за това могат да оказват статично въздействие (различие между пещерната и външната температура и влажност на въздуха, налягането на атмосферния въздух и др.) и динамично въздействие (движение на водите вътре в пещерите, ветрови течения на повърхността до отвора, т.н. ефект на пулверизатора и др.).

Главната причина за движението на въздуха в по-голяма част от пещерите е промяната на атмосферното налягане на повърхността. Когато то се увеличава възниква въздушна тяга навътре към пещерата, а при намаляване - навън. Интензивността на тягата е малка, а коефициентът на въздухообмен в статичните пещери обикновено не е по-голям от единица. Коефициентът на въздухообмен Q е отношението на денонощния въздушен обем, преминаващ през пещерата към нейния обем.

Пещери, които имат два входа или се състоят от основни галерии, съединени с повърхността чрез пукнатинната мрежа на основната скала се наричат ДИНАМИЧНИ в микроклиматично отношение. При тях основната причина за движението на въздуха е разликата в атмосферното налягане между двата входа, намиращи се обикновено на различни нива. През зимата по-топлият (и затова по-разреден) въздух, намиращ се в пещерата излиза през горния (по-висок) вход. Студения въздух от приземния слой атмосфера навлиза през долния (по-нисък) вход (фиг. 2А). През лятото по-студеният въздух изтича през долния вход, а от повърхността, през горния вход се засмуква топъл въздух (вж фиг. 2Б). Това довежда до сериозно охлаждане на ниската част на пещерната система и до нагряване на горната.

Скоростта на движение на въздуха в такива пещери е голяма - в границите 0.2 - 0.7 м/сек, а в отделни техни участъци достига до 10 м/сек. Коефициентът на въздухообмен в

динамичните пещери може да достигне 10 - 30, а в тесни пропасти (цепнатинен тип) до 70 - 130 пъти в денонощие.

ВНИМАНИЕ: Тези пещери (динамичен тип) крият една специфична опасност. Дима от факли или огън разпален близо до входа им може да се окаже на стотици метри навътре по етажите на пещерата и да причини много неприятности на прониквачите, намиращи се вътре.

В пещерите с два входа често се появяват различни допълнителни причини за движение на въздуха: промени на атмосферното налягане, ефекти на разреждане, свързани с движението на водни потоци в тесни галерии, внезапни и силни пориви на вятъра на повърхността. Особено силно тези причини се изявяват в преходните климатични сезони, когато в пещерите се образува неустойчиво равновесие между циркулациите на студен и топъл въздух. Голямо влияние на посоката и интензивността на циркулациите оказват карстовите сифони. През засушливите летни месеци сифоните стават полусифони, което включва във въздухообмена значителни части от обема на пещерата, капсулирана до този момент от водните огледала на сифона.

Наличието на течаща вода в зоната на отрицателни зимни температури довежда до натрупването на големи количества натечен лед. Обикновено тези натрупвания създават силно охлаждане на въздуха в близост до тях, запазвайки ги като самостоятелни студогенериращи формации в продължение на много години. Подобни пещери коренно променят микроклимата си спрямо времето, когато те са били сухи (фиг. 2В).

Усреднената скорост на движението на въздуха в пещерната атмосфера се определя чрез процедура от последователни измервания във възлите на правоъгълна мрежа (със стъпка 0.25 - 0.5 м), покриваща напречното сечение на галерията. На основата на редовни наблюдения на движенията на въздушните маси се определя обемната въздушна маса в пещерата, параметрите на въздухообмена (разхода на въздушния поток в различни климатични сезони, вида на движението на въздуха -ламинарно или турбулентно, коефициента на въздухообмен и др.). Прави се оценка за потенциалните възможности на явленията кондензация и изпарение под земята, изяснява се газовия режим на пещерите. Тези данни са необходими за интегрална оценка на микроклиматичните особености на карстовите пещери от разни класове и типове.

Относителната влажност на въздуха във всички пещери се доближава почти до 100%. За практическите нужди на микроклиматологията, обаче, е важно не относителното, а абсолютното съдържание на влага (което се измерва в грамове влага в 1 куб. м въздух). Влагосъдържанието на въздуха в различните пещери в нашия географски и климатичен пояс е в границите от 5 до 12 г/куб. м. Ако тази стойност е по-малка от влагосъдържанието на повърхностния слой въздух, в пещерната атмосфера протича кондензация на парите, идващи от повърхността чрез въздухообмена. Ако стойността е по-голяма, то протича процес на износ на влага от пещерата.

* * * *

Маршрутните микроклиматични наблюдения под земята често нямат стойност при липса на сведения за състоянието на микроклимата на повърхността. Ето защо, е необходимо да има съпътстващи наблюдения на температурата, влажността, барометричното налягане и валежните суми, чийто ход после да бъде сравнен със същите параметри под земята.

След обработката на всички материали се построяват т.н. разрези на температурата и влажността по посока на главната ос (фиг. 3А) на пещерата и по характерни нейни сечения (фиг. 3Б). Интересно е разпределението на температурните полета в по-голямите обема на пещерата (фиг. 3В), съвместни графики на промяната на атмосферното налягане на повърхността и под земята (фиг. 4А), графики на сезонните промени на температурата и влажността на въздуха (фиг. 4Б) и др.

Изучаването на микроклимата на пещерите представлява сериозен научен интерес и дава важна информация за техните хидроложки особености, общите и конкретни условия за

формирането на различни вторични карстови образувания. От друга страна, познаването на микроклимата на пещерите често пъти е предпоставка за тяхното безаварийно изучаване, особено при организацията на подземни лагери.

ПРОВЕЖДАНЕ НА МИКРОКЛИМАТИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ

Организацията на микроклиматичните наблюдения изисква периодичен контрол на състоянието на измервателните инструменти. Тествуването преди всяка експедиция ще открие неизправните от тях и ще сведе индивидуалните случайни и систематични грешки до минимум. Отчитането на показанията на уреда трябва да става с точност 0.2 - 0.5 от стойността на най-малкото деление на приборната скала и то след време, съответстващо на неговата инертност. При температурни измервания с помоща на живачни термометри, необходимото време е 10 - 15 сек. за водна среда, 2 - 5 мин. във въздушна среда, до 1 час в пясък, порьозна среда и лед. При отчитане показанията на аспирационния психрометър времето на адаптация е 4 мин., а на чашковия анемометър – 100 сек. При започване на началните измервания трябва да се предвиди време за изравняване на температурата на приборите с температурата на въздуха в пещерата (около 15 - 30 сек.).

В тесни и малообемни галерии и зали топлоотделянето и дишането на наблюдателите могат съществено да деформират резултатите от измерванията. Ето защо, там където се провеждат наблюденията би трябвало да се забрани използването на осветление с открит пламък (свещи, петромакси, ацетиленова горелка) и се ограничи времето на пребиваване на странични хора.

През цялото време на микроклиматичните наблюдения под земята, на повърхността (близо до пещерата, но извън влиянието на въздушния поток от нейния вход) се извършват срочни измервания на основните метеоеlementи: температура, атм. налягане, влажност на въздуха, посока и скорост на вятъра. Желателно е да се отразяват наличието на облачност, валежите и тяхната интензивност. Метеопункта на повърхността трябва да се идентифицира с местния релеф върху картата. Периодът на измерванията (дори и те да са съкратени до еднократни) трябва да са синхронизирани със стандартните за метеостанции моменти от време: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч. по местно време. Във връзка с голямата инертност на пещерната атмосфера е необходимо да имаме на разположение основни сведения за метеоусловията на повърхността от 2 до 5 дни преди началото на нашите наблюдения.

В началния етап на изследване на микроклимата се изяснява схемата на движението на въздушните маси под земята и се правят измервания в характерни участъци на пещерата (входа, основните зали и галерии, зоната на константните температура и влажност), като точките в които са разположени метеостанциите се отбелязват върху картата на пещерата. За по-големите по площ и обем галерии и зали се отбелязват местата на инструментите спрямо реперна мрежа, привързана към основната ос на пещерата. Отбелязва се момента на измерването във времето с точност до секунда, фабричният номер на метеоприбора, фамилията на наблюдателя. Скоростта и посоката на движение на въздуха се определят във всички точки, където се забелязва естествена тяга. При това трябва да се има предвид възможното насрещно движение на въздуха в близост до пода и тавана на галерията или в близост до стените и оста на пропастите. Най-лесно съществуването на противопотоци се определя чрез използването на портативни димни генератори с контрастни димни частици.

При организация на редовни измервания (желателно е в продължение на най-малко 24 - 48 часа с периодичност 1 - 2 месеца, в продължение на 1 - 2 години), е необходимо като анализираме морфологията на пещерата, схемата на нейната вентилация и резултатите от първичните измервания да изберем постоянни точки за разполагане на метеостанциите. Те трябва да бъдат фиксирани с ясни и дълготрайни маркери и да се подчиняват на следната схема: 1) Отстояние между тях между 5 и 20 м в участъците с непроменена морфология и в зоната с минимални сезонни промени на метеоеlementите; 2) По-гъста система с разстояние между метеостанциите 0.5 - 2 м, в местата с рязка промяна на метеоеlementите (в

привходните зона, при пресичане на галерии и етажи на пещерата и др.). В крайна сметка изборът на точки за метеонаблюдения се определя от поставената конкретна задача пред спелеолога-изследовател.

При редовни наблюдения за изясняване на голямомасштабните особености на температурните и влажностни полета се правят измервания по дължината на главната ос на галерията, по площта на залите, а така също и по сеченията на галерията със стъпка от 0.5 до 5.0 м (изборът на стъпката зависи от размера на пещерата и изследователските задачи). За да определим параметрите на хидродинамичното и термично взаимодействие на въздушния поток с прилежащия му скален масив на места със забележима въздушна тяга се провеждат градиентни наблюдения на разстояния 0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.5 - 2.0 м от пода (или стените). Тези измервания се съвместяват с определяне на температурата на скалата от постилащата точка по пода (или стените) и водата във всичките капещи и обливащи форми по галерията. В труднодостъпните части на пещерите, когато не може да се организира измерване на метеоелементите по предлаганата схема, то трябва това да стане в местата, където така или иначе прониквачът преминава – по линията на главната ос или рапелното въже, в местата на разширяване на основната галерия, между сифоните, извън зоната на водопадите и т.н.

Събирането на въздушни проби за газов анализ се прави чрез използване на стъклени пипети или бутилки с кранче или запушалка. При внасянето им в газовата среда, те предварително са напълнени с вода. При взимането на пробата те се изпразват, с което газовата среда навлиза в тях и се фиксира в обема им чрез механично затваряне. Създаването на определена мрежа за взимане на газови проби разкрива вариациите на газовия състав на пещерната атмосфера по площ и нива. Режимното взимане на проби обезпечава изучаването на денонощните, месечни и сезонни вариации на газовия състав на пещерната атмосфера. То трябва да се прави в постоянни места, отбелязани както в пещерата, така и върху нейния план.

ВНИМАНИЕ: Химическият анализ на въздушните проби се извършва САМО в специализирани химически лаборатории или чрез портативни газоанализатори.

Провеждането на детайлни микроклиматични изследвания е необходимо, за да се решат редица теоретични задачи в спелеологията. Така, знаейки особеностите на многогодишните промени на микроклимата, могат да се пресметнат общите и сезонни топлинни баланси в отделните пещери, да се изучи топлинния баланс на карстовия масив, да се оценят тенденциите за промяна на подземния микроклимат, влиянието му върху формирането на карстовите пещери, отлагането на вторични образувания, натечен лед и др.

ОБРАБОТКА НА НАБЛЮДЕНИЯТА

Първичната обработка на микроклиматичните наблюдения се извършва съгласно инструкциите на Института по хидрология и метеорология при БАН, като при тези процедури се въвеждат всички необходими поправки. Допълнителни сведения за обработката на метеонаблюденията под земята и на повърхността, а така също и сведения за климатичните характеристики в изследвания район в продължение на по-дълги периоди от време могат да бъдат получени пак в Института... .

Всички данни от барометричните измервания се привеждат към едно ниво за сравнение по преобразуваната за целта формула на Бабинне:

$$P_H = P_B \frac{16000 Q (1 + 0,0004 t) + h}{16000 (1 + 0,0004 t) - h}$$

където:

P_n и P_v са атмосферното налягане на най-ниската и най-високата точки на измерване (в mmHg),

h – разликата във височините между най-ниската и най-високата точки в метри,

t – средната аритметична стойност на температурата на въздуха на най-ниската и най-високата точки в $^{\circ}\text{C}$.

Измерванията на влажността се обработват чрез използването на психрометрични таблици. По разликата в температурите на сухия (t_1) и влажния (t_2) термометри на аспирационния психрометър и атмосферното налягане в точките на измерване се намира поправката δe , която се прибавя към изчисленото налягане на водната пара e (в Мб). При тази операция се прави коригиране и привеждане на измерените данни към стандартните условия, отговарящи на 1000 Мб (750,06 mmHg). По готови таблици за коригираното налягане на водната пара e (в Мб), се получава стойността на дефицита на насищане d (в Мб), относителната влажност f (в %) и точката на оросяване t_d (в $^{\circ}\text{C}$). Стойностите на e и d (в Мб) трябва да се преизчислят в mmHg, тъй като в температурните и барометрични граници на спелеоатмосферата съдържанието на водна пара във въздуха (в г/куб.м) е приблизително равна на нейното налягане (в mmHg).

От цялата информация след първичната и обработка се построяват температурни и влажностни разрези по главната ос на пещерата (фиг. 3А) и по някои от характерните ѝ сечения (фиг. 3Б).

За да се представи разпределението на температурата по цялата дължина на пещерата се правят термохистограми. Те най-пълно описват топлинното състояние на пещерата като термодинамична система. Областите на промяна на температурата се разделя на 6 - 10 части ($i_{\max} = 10$), като чрез резултатите от температурните измервания се пресмята общата дължина на галериите SL_i , температурата на които се намира във всяка (i -та) от определените предварително части. По ординатната ос на термохистограмата се нанася относителната дължина на галериите l , чиито въздух е с определена температура като процент от общата дължина на пещерата S (фиг. 3В). Или $l_i = S(L_i/S) \cdot 100\%$. По термохистограмата се пресмята усреднената по дължината на пещерата температура:

$$i_{\max}$$
$$t_{cp} = 1/100 \sum_{i=1} l_i t_i^{cp},$$
$$i=1$$

където t_i^{cp} е средната температура във всеки интервал.

По аналогичен път могат да бъдат построени хистограми за разпределението на температурата или влажността не само по дължината, но и по площта (или обема) на пещерата, за да намерим съответните осреднени стойности, използвани при пресмятането на топлинните баланси и кондензационните процеси в подземната атмосфера.

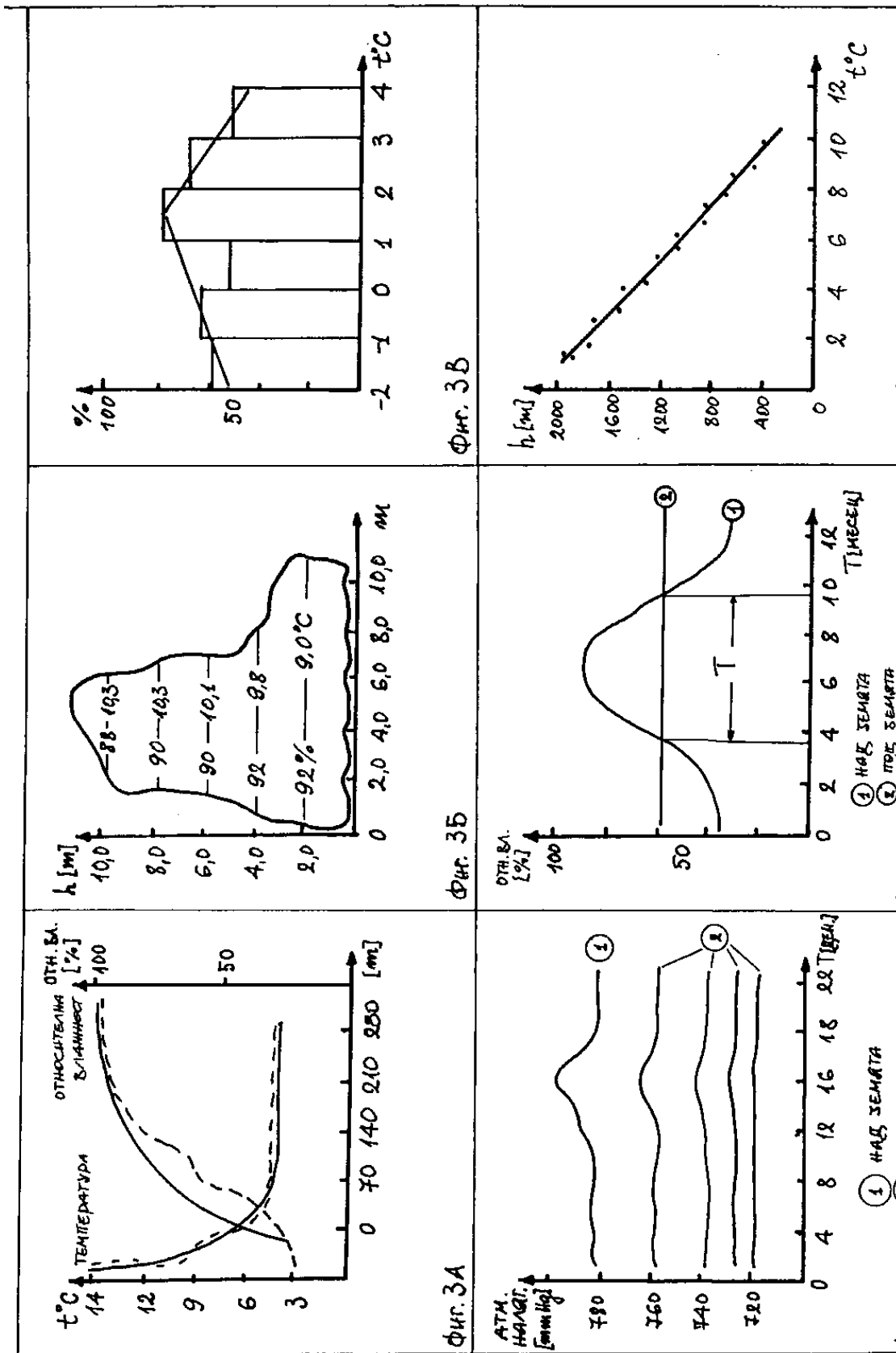
Заедно с това се пресмятат корелационните зависимости между температурата (влажността) в дълбочина (по дължина) на пещерата и температурата и влажността на повърхността; между коефициента на въздухообмен, скоростта на въздушния поток и разликата в барометричното налягане между нивата – повърхност (вход) и различните участъци в пещерата. Може да се прогнозира по корелационна зависимост промяната на температурата на въздуха в пещери от даден карстов район, в зависимост от абсолютната надморска височина на местонахождението на отворите им (фиг. 4В). Анализът на тези зависимости дава допълнителна уникална информация за строежа на сложните карстови пещерни системи.

Заключителният етап в обработката на емпиричния материал е свързан със създаване на математически модел за динамиката на микроклимата в пещерите, който носи и определен прогностичен характер. Това обаче е по възможностите на специалисти със сериозни знания в областта на физиката на атмосферата, аеродинамиката на струйни течения във вертикални и хоризонтални цилиндрични обеми, термодинамиката и математичния апарат, свързан с тяхното прилагане в практиката на спелеоклиматологията.

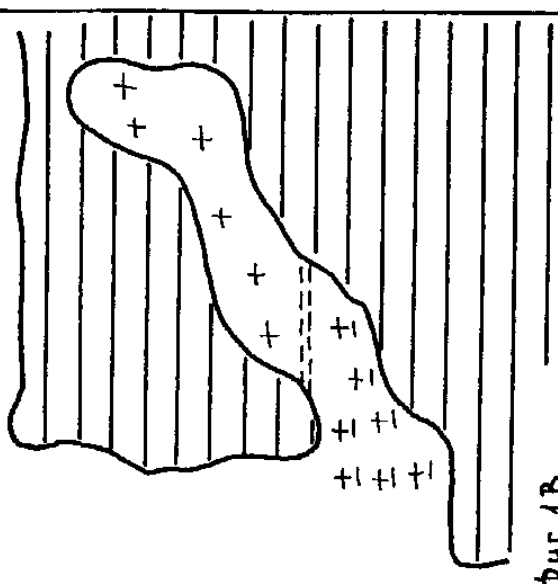
Обработката на материалите от микроклиматичните изследвания позволява да се определят различните типове и подтипове пещери. Разпространените типологии : “топли” и “студени”, “динамични” и “статични” пещери се сменят с по-сложни класификационни схеми. В тях водеща роля имат съотношението между температурните и влажностни полета в зоната на константните параметри и построяването на сложни диаграми, отразяващи едновременно температурните, влажностните, аеродинамичните и газово-термодинамични фактори.

Изучаването на пещерния микроклимат днес носи определен интердисциплинарен характер и изисква сериозен научен подход и участието на голям брой спелеолози в изследванията. Той дава много важна информация за условията на формиране и съществуване на вторичния карст, някои хидрогеоложки особености на карстовите пещери (кондензация и пренос на влага, формиране на агресивни подземни води, образуване на векови залежи от лед и фирн под земята) и други.

Всички въпроси и проблеми на спелеоклиматологията, незасегнати в настоящото изложение могат да бъдат открити в специализираната литература на профилирани научни библиотеки. Желателно е всички микроклиматични наблюдения от клубни, национални и международни експедиции да постъпват в базата данни MICROCLIMAT на Българската федерация по спелеология.

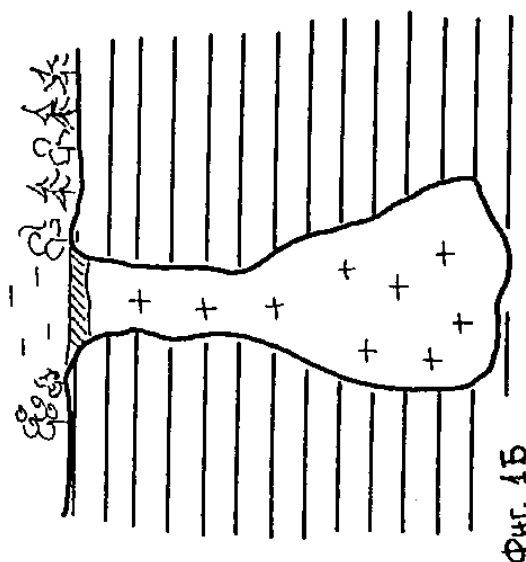


Өрөөн



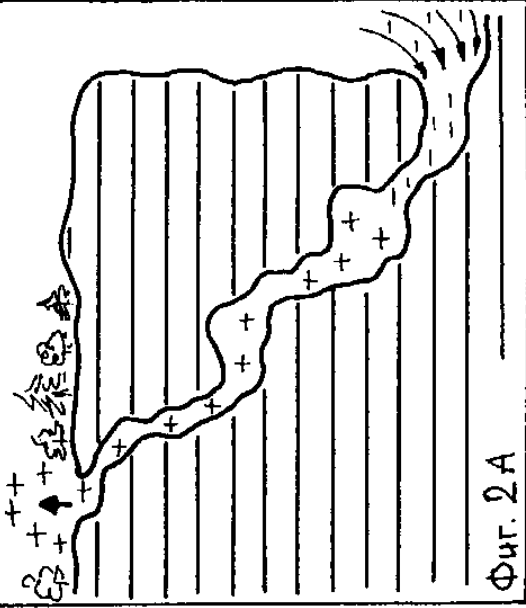
Фиг. 1А

Өрөөн



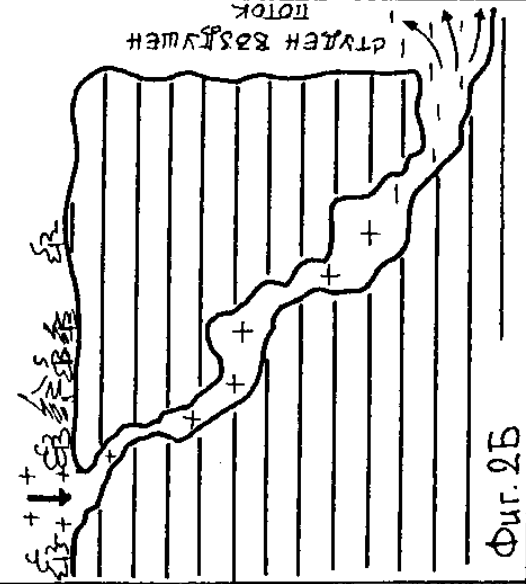
Фиг. 1Б

Өрөөн

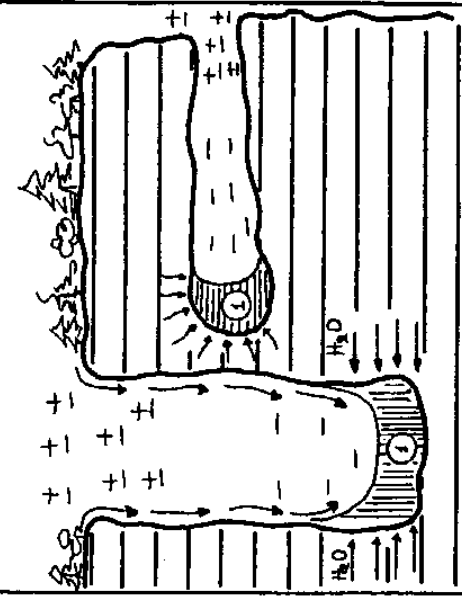


Фиг. 2А

Өрөөн



Фиг. 2Б



Өрөөн

Фиг. 2Б

ВЪВЕДЕНИЕ

Планетата Земя се състои от три обвивки: твърда (литосфера), течна (хидросфера) и газова (атмосфера). Физичните и химични явления развиващи се в атмосферата, хидросферата и литосферата се изучават от много науки, обединени под общото название геофизични. Науката, която изучава строежа, състава, процесите и явленията в газовата обвивка на Земята и разкрива връзките им със земната повърхност и космическото пространство се нарича метеорология. Думата “метеорология” означава наука (логос) за метеорите, т. е. за небесните явления. В тях влизат образуването на облаци, падането на валежи и др., с други думи това е наука за времето. Въпреки че интересът у хората към атмосферните явления е възникнал още в най-дълбока древност, метеорологията е сравнително млада наука. Истинското ѝ развитие започва през XVII в. със създаването на първите метеорологични прибори - термометъра, барометъра, дъждомера, ветромера и др., даващи възможност за измерването на температурата, налягането, валежите, вятъра. С натрупването на данни от тези наблюдения започват да се правят опити за тяхното обобщаване и анализиране с цел да се изучат и обяснят явленията и процесите, които се развиват в атмосферата, и да се разкрие връзката им с явленията и процесите в литосферата, хидросферата и космическото пространство.

Изучаването на атмосферата е свързано с решаването на голям кръг от въпроси и използването на най-различни методи за тази цел. Ето защо с течение на времето в метеорологията са се оформили отделни раздели, които днес са обособени като самостоятелни научни дисциплини. Основните от тях са следните:

Обща метеорология - изучава физичните процеси и явления, които се развиват в атмосферата и техните взаимоотношения. Към нея могат да се отнесат атмосферната статика, термодинамиката на сухия и влажния въздух, физиката на облаци и валежите, атмосферната оптика, акустика и електричество, актинометрията (наука за изучаване на слънчевата радиация и нейното преобразуване в атмосферата) и др.

Динамична (теоретична) метеорология - изучава кинематиката и динамиката на атмосферата (движенията на въздуха и силите, които го пораждат), като използва математическия апарат на термо- и хидродинамиката. На базата на нейните постижения се оформи нова научна дисциплина - **числено прогнозиране на времето**.

Синоптична метеорология - наука за времето и за неговото предсказване с използването на т. н. “синоптичен метод”.

Климатология - наука за климата (многогодишен режим на метеорологичните елементи, а от там и на времето в различните географски райони) и за закономерностите на неговото формиране и изменение.

Поради силното влияние, което земната повърхност оказва върху процесите в атмосферата, особено в ниските ѝ слоеве (до 1,5 км височина), се обособява т. н. **физика на граничния слой**. Процесите в по-високите слоеве на атмосферата (над 1-2 км) са предмет на **аерологията (физика на свободната атмосфера)**. Вследствие на интензивното развитие на космонавтиката значителни успехи през последните години има **аерономията**, изучаваща високите слоеве на атмосферата (над 100 км) с помощта на метеорологични ракети и изкуствени спътници на Земята (ИСЗ).

Като отделен клон със своя специфика може да се посочи и **метеорологичното приборостроене**.

Друг самостоятелен раздел, наречен **приложна метеорология**, се е оформил поради необходимостта от метеорологична информация в най-различни области на човешката дейност. Той се занимава с въпросите на приложението на метеорологичните знания в различните клонове на народното стопанство в съответствие с тяхната специфика. Като самостоятелни клонове на приложната метеорология са се обособили **агрометеорологията, авиационната метеорология, морската метеорология, биометеорологията**. Към проблемите на приложната метеорология се отнасят още и: **метеорологичните аспекти на**

замърсяването на околната среда: а) разпространението на вредните примеси в атмосферата, “киселинните” дъждове, способността на атмосферата за “самоочистване”, влиянието на човешката дейност върху климата; б) **метеорологичните аспекти и климата в пещерите (изучавани от спелеоклиматологията)**, взаимодействието на въздушният обем в пещерата с приземния атмосферен слой, проблемите на кондензацията в пещерите и др.

Освен това, метеорологията е тясно свързана с другите геофизични науки (физиката на Земята, океанологията, глациологията), както и географските науки. Напоследък все повече се усилват връзките ѝ с астрофизиката (физика на Слънцето), с химията (химия на атмосферата) и с всички науки, където намира приложение метеорологичната информация: медицина, селскостопански науки и др. По *характера на решаваните задачи и използваните за това методи метеорологията е физична наука*. Тя може да се развива успешно само на базата на постиженията на физиката и по-точно на такива нейни дялове като механиката, термодинамиката, хидродинамиката, оптиката, акустиката, електричеството и др., а за преодоляването на огромните трудности при създаването на физико-математическите теории на атмосферните процеси освен широки и задълбочени знания по физика е необходима и сериозна математическа подготовка.

АТМОСФЕРА

Атмосфера се нарича газовата обвивка на земното кълбо. Това наименование се използва още от времето на Аристотел и е съставено от думите “*атмос*”-пара и “*сфера*”-кълбо. В атмосферата непрекъснато протичат различни процеси и се развиват различни явления, например падат валежи от дъжд или сняг, бушуват снежни виелици или гръмотевични бури, става студено или се затопля, духат бурни ветрове или въздухът не потрепва... Всичко това е проява на физическото състояние на атмосферата или на времето. В даден момент и на определено място то се характеризира с редица физични величини и явления, като температура и влажност на въздуха, атмосферно налягане, вятър, облачност и валежи, мъгли, гръмотевични бури и т. н. Онези физични характеристики на състоянието на атмосферата, които могат да се измерват, например температура, влажност, височина и количество на облачността, скорост на вятъра и др., се наричат **метеорологични елементи**, а понятието **метеорологични (атмосферни) явления** характеризира това състояние качествено. Облакът например е явление, а отделните негови характеристики, като височина над земната повърхност или дебелина, са метеорологичните елементи. Явление е и валежът, а количеството и интензивността му - метеоелементи.

За да разберем правилно промените на времето и методите за неговото предсказване, трябва да се запознаем най-напред с общите свойства на атмосферата, а след това и с метеорологичните елементи и атмосферните явления.

Височина на атмосферата.

Въздухът е свиваем газ, ето защо плътността му намалява с височината. В съответствие с това до височина 5,5 км се намира половината от масата на цялата атмосфера, до 18,5 км - 90% от нея, а до 36 км - 99%. С височината въздухът се разрежда все повече и повече и атмосферата постепенно преминава в междупланетното пространство, като се слива със слънчевата корона. Не може да се определи точно къде е горната граница на земната атмосфера. Наблюденията с ИСЗ и автоматични междупланетни станции (АМС) са позволили да се установи, че на 20 000 км над земната повърхност все още има следи от атмосферни газове.

За метеорологията е важна онази височина на атмосферата, до която въздухът все още е достатъчно плътен, за да могат да се реализират определени физични явления, наблюдаеми от земната повърхност. Това е т. н. физична граница на атмосферата, а височината ѝ е 1000 - 1200 км. Едно от най-интересните явления, чрез които косвено може да се определи физичната граница на атмосферата, са полярните сияния, възникващи в осветената от Слънцето част от високата атмосфера. Те се простират до височина 1000 - 1100 км, а долната им граница се определя от сянката на Земята.

Състав на атмосферата.

В древността се е смятало, че въздухът е едно от простите вещества, от които се състоят всички тела в заобикалящия ни свят. Древногръцкият философ Анаксимен даже е учил, че от въздуха е създаден целия свят. Едва през XVIII в. френският учен Лавоазие за пръв път установява, че атмосферата представлява механична смес от газове. Основните газове, които влизат в състава на въздуха са азот, кислород и аргон. В много малки количества във въздуха се съдържат още хелий, неон, криптон, ксенон, водород и др. Освен това в резултат от разпадането на радиоактивните елементи, съдържащи се в земната кора, в атмосферата проникват и радиоактивни газове, като радон и др. Многобройните химически анализи са показали, че сухият въздух, в който няма прах и други примеси, се състои от 79,09% азот, 20,95% кислород и 0,93% аргон. Останалите газове заемат само 0,03% от обема му. Този състав на атмосферата е еднакъв за цялото земно кълбо и остава постоянно до около 100 км височина. Освен това във въздуха се съдържат газове, чиято концентрация се променя в пространството и времето. От тях най-важно метеорологично значение имат водната пара, въглеродният двуокис (CO_2) и озонът (O_3).

Водна пара: тя постъпва в атмосферата главно при изпарение от земната повърхност (вода, суша, растителност). Количеството ѝ се колебае от 0 до 7% от обема на постоянните газове и зависи от характера на земната повърхност и от въздушните течения. По-голямата част от водната пара е съсредоточена в най-ниските слоеве на атмосферата и с височината съдържанието ѝ намалява. Поради наличието на водна пара в атмосферата се образуват облаци и падат валежи. Освен това тя задържа значителна част от излъчената от земната повърхност топлина и по този начин допринася за възникването на т. н. парников ефект.

Въглероден двуокис: той постъпва в атмосферата главно при вулканичните изригвания; образува се при гниенето и разлагането на органичните вещества, при дишането на животните и растенията и при изгарянето на различните видове изкопаеми горива. Изразходва се за храна на растенията (в процеса на фотосинтезата). Единица обем въздух съдържа средно 0,033% CO_2 , но концентрацията на този газ се мени в течение на денонощието и на годината и е различна за различните географски райони. Т. н. въздухът във високите ширини съдържа по-малко CO_2 , отколкото в умерените ширини, над океаните - по-малко, отколкото над сушата, в дневните часове - по-малко, отколкото през нощта, а през лятото - по-малко, отколкото през зимата. Основен регулатор на концентрацията на CO_2 във въздухът е океанът. В него се съдържа около 100 пъти повече CO_2 , отколкото в атмосферата, тъй като разтворимостта на този газ във водата е много голяма. Тя обаче зависи от температурата - при ниски температури е по-голяма. Ето защо студените морета и океани в умерените и високите ширини поглъщат почти толкова CO_2 , колкото отделят в атмосферата моретата и океаните в тропиците.

От началото на този век количеството на въглеродния двуокис в атмосферата се е увеличило в резултат на човешката дейност с повече от 10% - от 0,029% през 1900 г. до 0,035% през 2000 г. Тъй като CO_2 , както водната пара, участва в създаването на парниковия ефект, поглъщайки топлинното излъчване от земната повърхност, много учени смятат, че ако концентрацията му продължава да се увеличава, могат да настъпят сериозни изменения в климата.

Озон: в ниските слоеве на атмосферата неговото съдържание е постоянно и твърде малко. В тях той се образува под влияние на мълниите при гръмотевичните бури и при окисляването на някои органични вещества. В по-високите слоеве на атмосферата озонът се образува под действието на ултравиолетовата слънчева радиация. Тя разцепва част от молекулата на кислорода O_2 по на два атома, които реагират с други цели молекули кислород и образуват молекулите на озона O_3 . Този непрекъснато действащ фактор осигурява постоянното присъствие на озон на височина над 10-15 км, т. е. за разлика от водната пара озонът е концентриран в по-високите слоеве на атмосферата. Максималната му концентрация е на височина 20-55 км! Над 80 км вече няма озон!

Метеорологичното значение на озона се определя преди всичко от силното поглъщане на ултравиолетовата слънчева радиация. Благодарение на това на височина 50-55 км, където поглъщането е най-голямо, се наблюдават най-високите температури, достигащи до 44°C. Този ефект е от особено голямо значение през лятото в полярните области, където се натрупва най-много озон. Наред с водната пара и CO₂, озонът поглъща и част от топлинното излъчване на земната повърхност. Този газ има твърде голямо значение за живота на Земята. Ако нямаше озонсфера, до земната повърхност щяха да достигнат всички биологично активни лъчи от ултравиолетовата област на слънчевия спектър, които в големи количества са убийствени за живите организми, включително и за човека.

Аерозоли: освен газовите примеси в атмосферата се съдържат и твърди и течни примеси наречени аерозоли. Техните размери са от 0,001 до 100 мкм, като най-голям брой имат частичките с диаметър 0,01 - 0,1 мкм. Едни аерозоли имат естествен произход, а други се получават в резултат от човешката дейност. От метеорологична гледна точка значението на аерозолите се определя от влиянието, което те оказват върху слънчевата радиация и топлинното излъчване на земната повърхност. Те играят важна роля и при образуването на облаците, защото служат за кондензационни ядра.

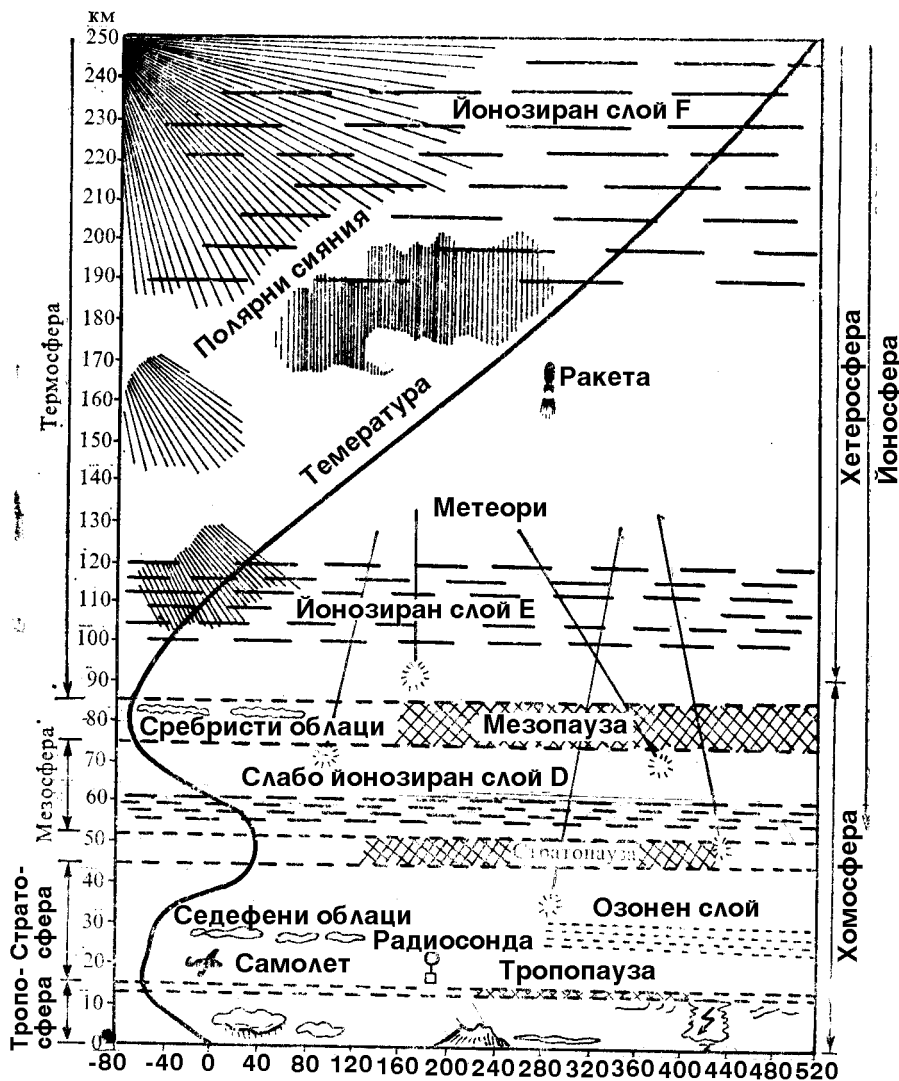
Както вече отбелязахме, до около 100 км височина, процентното съдържание на основните газове на въздуха остава постоянно. Това е резултат от неговите вертикални и хоризонтални движения, които водят до непрекъснатото му размесване. Над тази височина съставът на въздуха се изменя значително. Едната причина за това е разделянето на газовете под влиянието на силата на тежестта (т. н. гравитационно разделяне), което над 100-110 км взема превес над смесването. В резултат на това количеството на тежките газове намалява с височината по-бързо, отколкото на леките.

Строеж на атмосферата.

Днес се използват няколко признака, въз основа на които атмосферата се разделя на слоеве (сфери). Тези признаци са изменението на температурата с височината, съставът на атмосферния въздух и наличието на заредени частички в него, взаимодействието на атмосферата със земната повърхност, влиянието на атмосферата върху летателните апарати и др. Разслоението на атмосферата е представено на фиг. 1. То се проявява най-ярко, ако се разгледа изменението на температурата с височината. По този признак атмосферата се разделя на 5 основни слоя: тропосфера - със средна горна граница 11 км, стратосфера - от 11 до 50 км, мезосфера - от 50 до 90 км, термосфера - от 90 до 800 км и екзосфера - над 800 км. Между тях има преходни слоеве с малка дебелина - "паузи" (от "пауза" - прекъсване). Т. н. между тропосферата и стратосферата се намира тропопаузата, между стратосферата и мезосферата - стратопаузата и т. н.

Най-ниската част от атмосферата, в която е съсредоточена 4/5 от цялата ѝ маса, се нарича **тропосфера**. Както вече бе споменато, в нея главно се формират времето и климатът. Височината ѝ се мени непрекъснато, но в средни годишни стойности тя достига 17-18 км над екватора, 10-12 км над умерените ширини и около 9 км над полярните области. Границата търпи и сезонни изменения - през зимата се снижава, а през лятото се повишава. Тя е свързана и с атмосферното налягане - над области с високо налягане се снижава, над области с ниско налягане е разположена по-високо. За тропосферата са характерни разнообразни движения на въздуха в хоризонтална и вертикална посока и активно разместване. Тя се отличава и с това, че във височина температурата се понижава средно с 0,6 °C на 100 м. За къси интервали от време измененията могат да бъдат по-големи и дори температурата да се повишава в по-високите слоеве. Това явление се нарича **инверсия**.

В тропосферата се съдържа почти цялата водна пара на атмосферата и в този слой възникват почти всички облаци. Средната годишна температура на въздуха при земята е около 26 °C за екваториалните области и около -23 °C за Северния полюс. На горната граница на тропосферата над екватора температурата е около -70 °C, над умерените ширини е -50 °C, -



Фиг. 1 Вертикален строеж на атмосферата

60 °С, над Северния полюс през зимата е около -65°С, а през лятото е около -45°С. Атмосферното налягане е 5-8 пъти по-малко отколкото при земната повърхност.

Най-ниската част на тропосферата (с дебелина няколко метра) се нарича **приземен слой на въздуха**. Той се отличава с ярко изразени изменения на температурата през денонощието. Динамичните и термични въздействия на земната повърхнина върху прилежащия въздух определят в значителна степен свойствата му в един слой със средна дебелина 1000 м. Той се нарича **пограничен слой на атмосферата** или **слой на триенето**. Дебелината му се мени от 300 - 400 до 1500 - 2000 м в зависимост от неравностите на земната повърхнина. В него скоростта на вятъра

намалжава, а останалите метеорологични елементи изпитват въздействието на подстилащата повърхнина. Това влияние отслабва над слоя на триене, където атмосферата се означава като **свободна атмосфера**. Именно в приземния слой въздух става **обмена на топлина и въздушна маса със спелеоатмосферата**.

Тънък слой с дебелина 1-2 км разделя тропосферата от следващия атмосферен слой - **стратосферата**. Разделителния слой се нарича **тропопауза** и се отличава с това, че температурата на въздуха не се променя във височина (т. е. налице е **изотермия**). Стратосферата се простира до 50-60 км височина. За долната ѝ част е характерна изотермия, като до около 25 км височина се наблюдават същите температури, които се посочват за горната тропосфера. Над 25 км температурата бързо се увеличава и на около 50 км достига стойности от 10 до 30°С. На горната граница на стратосферата температурата изпитва резки колебания. В този слой все още има водна пара, но в нищожно количество. Понякога на 20-25 км се образуват тънки прозрачни облаци, които се състоят от преохладени водни капчици. Наричат ги **седефени облаци**. През деня те не се виждат, а през нощта светят, огрявани от Слънцето, което се намира под хоризонта. Стратосферата би могла да се нарече и **озонсфера**, тъй като в нея се открива основната маса на атмосферния озон. Именно това обяснява покачването на температурата във височина.

Над стратосферата, до около 80 км височина, се простира **мезосферата**. Разделя ги тънък слой, наречен **стратоплауза**. В мезосферата температурата отново започва да се

понижава и на горната ѝ граница (**мезопаузата**) е $-70, -80^{\circ}\text{C}$. Скоростта на вятъра достига до 150 м/с. В мезопаузата се наблюдават най-високите облаци в атмосферата на Земята, наречени сребристи. Те се състоят от ледени кристалчета, образувани около частици метеоритен прах. Мезосферата се отличава и със значително по-ниско атмосферно налягане (около 200 пъти по-малко, отколкото при земната повърхнина). От земната повърхнина до горната граница на мезосферата се съдържа повече от 99,5% от общата маса на атмосферата.

Над мезосферата следва слой с много високи температури, който се нарича **термосфера**. Към 800 км височина температурата му достига 1000 К. Ултравioletовата радиация на Слънцето предизвиква дисоциация на молекулите на кислорода и другите газове. Късовълновата радиация в областта на рентгеновите лъчи действа силно върху молекулите и атомите на атмосферните газове. От свободните атоми се избива известен брой електрони и се образуват положителни йони. Някои електрони се привличат от атомите на кислорода и се получават отрицателни йони. Онези част от термосферата, където се съдържат значително количество свободни електрони, се нарича **йоносфера**. Най-голяма концентрация на свободни електрони има в слоя около 120 км височина (слой E) и в слоя около 300 км височина (слой F). За йоносферата са характерни явленията полярни сияния, магнитни бури и др. Този слой има практическо значение, защото отразяването от него на радиовълни с определена дължина позволява зигзагообразното им разпространение по земното кълбо.

Над 800 - 1000 км височина се разпростира **екзосферата**. В слоя се предполагат температури до 2000 К. Въздухът е извънредно разреден, скоростта на движение на отделните му частици е голяма. Някои от тях могат да преодолеят земното притегляне и да излетят в космическото пространство, т. е. да се "разсеят". Оттам екзосферата се нарича още **сфера на дисипацията**. Разсейват се главно водородните атоми. Водородът именно образува **земната корона** (до около 20 000 км височина).

Средства за наблюдения в метеорологията

За да се получат сведения за физическото състояние на атмосферата и необходимите данни за предсказване на времето, се използват различни методи и средства за наблюдение. В исторически план, първоначално инструменталните и визуални наблюдения са били правени само в приземния слой, в т. н. **метеорологични станции**. Една такава станция представлява оградена открита площадка (метеопарк), където са разположени метеорологичните прибори, като само барометрите и барографите са монтирани в сградата на станцията. Уредите за измерване на температурата и влажността на въздуха (сухи и мокри термометри) се поставят в специална **метеорологична клетка**. Тя ги предпазва от непосредственото въздействие на слънчевите лъчи и топлината излъчвана от земната повърхност, от силните ветрове и валежите. Клетката е дървена и стените ѝ са жалюзни. По този начин се осигурява добра вентилация и свободен достъп на въздуха до метеорологичните прибори. За да не се нагрива от Слънцето, клетката се боядисва с бяла боя, а за да не попадат преки слънчеви лъчи върху приборите, вратата ѝ е обърната на север. Тъй като въздухът се нагрива главно от повърхността на почвата, нейното влияние се отстранява, като резервоарите на термометрите се поставят на височина 2 м.

В метеорологичните станции се измерва и температурата на почвата на различни дълбочини, като за целта се използват специални почвени термометри. Ветромерът е поставен на стълб с височина 10-12 м. По определен план, еднакъв за всички станции, се монтират дъждомерът, хелиографът (измерващ продължителността на слънчевото греене) и други прибори. Трябва да се знае, че по наблюденията само в една станция е невъзможно да се добие представа за състоянието на атмосферата над големи райони и да се проследят измененията на времето в тях. Ето защо още на Първия международен метеорологичен конгрес във Виена е било решено да се създаде мрежа от станции, която постепенно да обхване цялото земно кълбо. Днес тези станции са десетки хиляди и няма държава, която да не е изградила собствена метеорологична мрежа. Част от станциите са включени в международния обмен на метеорологична информация. За да бъдат сравними по между си, наблюденията във всички метеорологични станции по света трябва да се извършват по единна

методика, с еднотипни и еднакво точни уреди, в строго определени часове, наречени срокове на наблюденията (по 4 или 8 пъти в денонощието), и без прекъсване в празничните дни. Особенните атмосферни явления се следят непрекъснато и се записват тяхното начало, край и интензивност.

Днес данните от приземните наблюдения са крайно недостатъчни. Ето защо, в употреба са метеорологичните данни събрани чрез мрежа от **високопланински метеорологични обсерватории, аерологични височинни балони, самолетно сондиране и метеорологични и геофизични ракети**. Важно допълнение към основната метеорологична информация са сведенията за състоянието на атмосферата, които се получават с помощта на **метеорологични радиолокатори, лазерни локатори и метеорологични спътници**. Именно метеорологичните ИСЗ заедно с наземния комплекс за приемане, обработка и разпространение на спътниковата информация формират **метеорологичната космическа система**. Днес в нея влизат дюзина ИСЗ, някои на полярни, а други на геостационарни орбити. По такъв начин, работейки в определена схема те могат да наблюдават един и същ много голям район от земното кълбо и да проследяват промените на времето в него.

Основни елементи на времето, климата и климатообразуващите процеси.

Както вече бе споменато, за характеризиране на физичното състояние на атмосферата в определен момент се използват понятията **метеорологични елементи** (количествена характеристика) и **метеорологични явления** (качествена характеристика). Най-често в метеорологията се борава със следните метеорологични елементи и явления:

Температура на въздуха: една от най-важните характеристики на топлинното състояние на въздуха. Дефинира се като степен на нагрятоост на телата (въздух, почва, вода и др.), която съответства на интензивността на хаотичното (топлинното) движение на молекулите в тях. В метеорологичната практика у нас и в повечето европейски страни тя се изразява в градуси по стогоградусовата скала на Целзий ($^{\circ}\text{C}$), а в теоретичните изследвания - в келвини (T K). Превръщането на единиците от едната в другата скала става по следната формула:

$$\text{T K} = 273,15 + t \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Ако в даден текст не е дадено друго пояснение, за температура на въздуха се приема тази, измерена на височина 2 м в метеорологичната клетка.

Атмосферно налягане: налягането, което въздухът упражнява с теглото си. То се измерва във всяка една точка от атмосферата чрез теглото на въздушния стълб, достигащ горната граница на атмосферата и със сечение, равно на единица площ. В Международната измерителна система (SI) се използва единицата **паскал**, или:

$$P_a = N/m^2.$$

В метеорологията в последно време се утвърди хектопаскалът

$$1 \text{ hPa} = 10^2 P_a = 1 \text{ mbar} .$$

Милиметрите живачен стълб (mm Hg) и **милибарите** (mbar) са единици, които все още се срещат в метеорологичната и климатологична литература. Скалите на много от използваните сега уреди за измерване на атмосферното налягане също са разграфени в mm и mbar , като: $1 \text{ mm Hg} \approx 1,3 \text{ mbar}$.

Влажност на въздуха: с това понятие се дефинира съдържанието на водна пара в атмосферата. Изразява се чрез характеристиките си: **пъргавина на водната пара** (в hPa), **дефицит на влажност** (в hPa), **абсолютна влажност** (в g/m^3), **относителна влажност** (в %).

Валежи: с това се дефинира водата, която в твърдо или течено състояние пада от облаците или кондензира върху земната повърхнина и предметите по нея. Количеството на валежите се определя в милиметри воден слой., като $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$. Това значи, че ако 1 l валежна вода падне върху 1 m^2 площ и се разлее равномерно, без да попива и без да се изпарява, ще се получи слой вода с височина 1 mm. Ако валежът е в твърдо състояние, той се стопява и се измерва със съответните уреди като течен валеж.

Вятър: хоризонталната съставка на движението на въздуха спрямо земната повърхнина. В понятието вятър се включват числената стойност на **скоростта на вятъра**, изразена в m/s (понякога в km/h, възли и др.) и **посоката на вятъра** (съответно на посоката на хоризонта, от която духа вятърът).

Хоризонтална видимост: **най-голямото разстояние**, на което през светлата част от денонощието може да се различи (на фона на небето близо до хоризонта) абсолютно черен предмет с достатъчно големи ъглови размери. Измерва се в m и в km.

Генезис на климата. Баланси и кръговрати

Най-често в метеорологията се говори за формирането (генезиса) на климата и за климатообразуващата роля на един или друг процес или климатичен елемент. Под **генезис на климата** се разбира неговото формиране в резултат на атмосферни процеси, наречени климатообразуващи, които протичат под въздействието на точно определени географски фактори на климата. **Основните климатообразуващи процеси**, общи за цялото земно кълбо, са:

а. **Обмен на топлина** - тук се включват радиационните условия на Земята и обменът на топлина между атмосферата и подстилащата повърхнина по нередиационен път (чрез топлопроводност, чрез изразходване или отделяне на топлина при фазовите преходи на водата и др.).

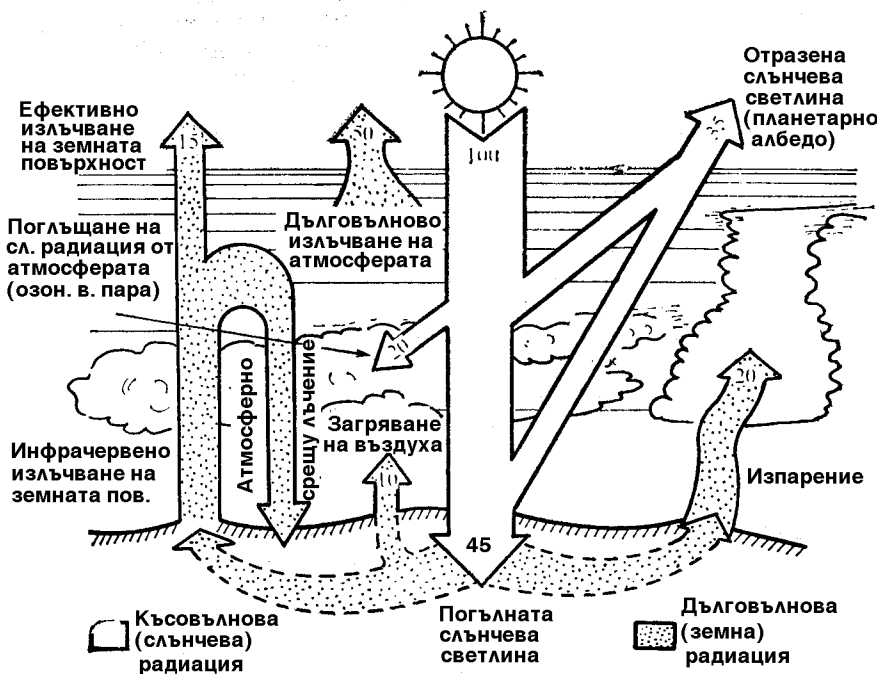
б. **Обмен на влага** между атмосферата и подстилащата повърхнина.

в. **Обща циркулация на атмосферата**, която обединява едромасштабните движения на въздуха - циклони и антициклони, мусони, пасати и др. За отделни географски райони

климатообразуващата роля имат някои местни циркулации (бризи, планинско-долинни ветрове и др.).

Посочените климатообразуващи процеси се реализират в единство и във връзка помежду си. Те се променят под въздействието на географските фактори, а самите географски фактори изпитват тяхното влияние. Всичко това, усложнява много подреждането им и създава затруднения при тяхното последователно изучаване.

Източници на енергия за природните



Фиг. 2 Топлинен баланс на Земята

процеси на Земята са лъчистата енергия на Слънцето, вътрешната топлина на Земята, енергията на космичните лъчи, силите на гравитацията, химичната, биогенната и техногенната енергия. Най-голямо значение имат първите два източника. количеството сумарна вътрешноземна топлинна енергия е 300 пъти по-малко от количеството слънчева енергия, която постъпва ежедневно на горната граница на атмосферата, и 200 пъти по-малко от слънчевата енергия, погълцана от земната повърхнина и атмосферата. Потокът топлина, който идва от земните недра към повърхността на Земята, е около 5000 пъти по-малък в сравнение с топлината, постъпваща от Слънцето. В топлинния баланс на земната повърхнина, слънчевата енергия е 99,98 %, а вътрешноземната е 0,02 %. това показва, че засега основен

източник на енергия за природните процеси, включително и за тези, които се осъществяват в земната атмосфера, е слънчевата енергия. Тя е най-важният външен (извънземен) фактор за климатообразуването. На фиг. 2 е дадена схема на топлинния баланс на Земята.

Другият важен фактор в метеорологичните процеси е водата. Количеството на вода в атмосферата е огромно, но то е нищожно в сравнение с общото количество вода на Земята. Водните запаси на нашата планета се оценяват на $1,3 \cdot 10^{18}$ t, а 97,2% от тях са съсредоточени в Световния океан. Останалата вода е разпределена в ледниците (2,1%), реките и сладководните езера (0,6%), вътрешните морета и солените езера (0,01%) и атмосферата (0,001%). Вижда се, че в най-достъпните източници на прясна вода - реките и езерата - се намира нищожна част от водата. Тя би се изпарила много бързо, ако не се възобновяваше непрекъснато в резултат на процесите, които осъществяват преразпределението ѝ по земното кълбо и които представляват отделните звена от **кръговрата на водата**.



Фиг. 3 Схема на кръговрата на водата в природата

Подробна схема на кръговрата на водата е дадена на фиг. 3. В лявата страна е изобразен т. н. *малък кръговрат*, който се осъществява между Световния океан и атмосферата над него: изпарената от океанската повърхност вода кондензира в атмосферата, образуват се облаци и падат валежи и по този начин водата отново се връща в океана. В него обаче участват само 2/3 от изпарената от океана вода. Останалата 1/3 се отнася от въздушните течения към сушата и се присъединява към намиращата се там влага, постъпила чрез изпарение от нейната повърхност. Ето защо валежът над континентите значително превишава изпарението, т. е. океанът, който заема около 70% от повърхността на Земята и произвежда около 90% от водната пара, оказва овлажняващо въздействие върху сушата. Пътят на водата, паднала под формата на валеж на сушата е доста сложен. Една част от нея отива в езерата и реките, които я връщат отново в океана, а друга прониква в почвата и по-дълбоките слоеве на литосферата и може да измине дълъг път, докато отново излезе на повърхността. Ако водата е паднала на земята във вид на сняг, нейното движение спира, докато започне топенето. Във високите планини и в полярните области снегът се превръща в ледници и може да се задържи десетки, стотици, дори хиляди години. В процеса на кръговрата на водата се извършва и преразпределението ѝ между различните географски ширини. Главен източник на водна пара за земното кълбо са океаните в тропичните ширини. При голямия приток на слънчева енергия и практически неограничените запаси на вода изпарението от тях е огромно. Условието в тези райони обаче са такива, че пречат за изнасянето на водната пара нагоре и за образуването на облаци, затова

там валежът е значително по-малък от изпарението. Излишната водна пара се отнася от въздушните течения към екваториалната зона и към умерените и високите ширини и допринася за тяхното овлажняване, защото в тези райони на земното кълбо валежът е по-голям от изпарението.



Разбира се, описаната схема дава най-обща представа за кръговрата на водата, като в действителност процесите са много по-сложни. Много е важно обаче, че те са балансирани, т. е. общата сума на падналите върху земното кълбо валежи е равна на количеството на изпарената вода. За това говори неизменното ниво на Световния океан, постоянството на средния многогодишен речен отток и на хидрологичния режим на сушата - независимо от известните колебания през отделни години на

континентите не се забелязва нито натрупване, нито загуба на вода. Общият кръговрат на водата в атмосферата протича доста интензивно. Приблизителните пресмятания показват, че на земната повърхност падат средногодишно $5,8 \cdot 10^{14}$ t вода, която може да образува воден слой с дебелина около 1000 mm. Тъй като във всеки момент в атмосферата се съдържат средно $1,3 \cdot 10^{13}$ t вода (25 mm), очевидно е, че в резултат на изпарение, кондензация и падане на валеж водата в атмосферата се възобновява напълно около 40 пъти в годината, т. е. средно на всеки 8 - 9 денонощия. Мащабите на тези колосални процеси се осъществяват благодарение на огромното количество енергия, която Земята получава от Слънцето. Благодарение на тях са възможни и карстовите явления и процеси под земята.

ОБЛАЦИ. МЕЖДУНАРОДНА КЛАСИФИКАЦИЯ

Облаците са едно от най-интересните явления в земната атмосфера. Те и свързаните с тях валежи играят най-важната роля при оформянето на метеорологичното време. Облаците се образуват на някаква височина в атмосферата в резултат на кондензация и сублимация на водната пара и кристализация на преохладени капки. Техния вътрешен строеж, външен вид и разнообразно съчетание на форми са отражение на сложни процеси, протичащи в атмосферата. Като наблюдаваме облаците, можем да определим не само какво е състоянието на атмосферата в момента, но да предвидим и неговите бъдещи промени. Ето защо снимките на облачността, получени с помощта на метеорологичните спътници представляват много ценна информация при прогнозиране на времето.

Според състава си облаците селят три групи: *водни*, които се състоят само от водни капки, *ледени* - от ледени кристалчета, и *смесени* - състоящи се от преохладени капки и ледени кристалчета. Размерите на капките във водните облаци се изменят в широки граници: от 1 - 2 до 100 мкм, но най-голям брой имат капките с радиус 3 -6 мкм. Във всеки кубически сантиметър се съдържат около 100 - 1000 капки, така че средното разстояние между тях е около 1 mm. Концентрацията на кристалите в ледените облаци е значително по-малка - по няколко кристалчета на 1000 cm^3 . Такъв е броят на кристалите в смесените облаци, а броят на водните капки в тях е около 10 100 на 1 cm^3 . Долната граница на облаците практически съвпада с нивото на кондензация, а структурата им се определя от разпределението на температурата и процесите на замръзване. Между нивото на кондензация и височината на

която температурата е 0°C (нулевата изотерма), облакът се състои от водни капки; понякога между тях има топящи се снежинки, изпаднали от по-горните му части. На нивото на замръзване (кристализация) облакът е съставен от ледени кристали, които се получават при замръзване на капките и при сублимация на водната пара. Както вече казахме, замръзването не се наблюдава веднага, след като температурата се понижи под 0°C, т. е. нивото на кристализация не съвпада с нулевата изотерма. В зависимост от конкретните условия този процес може да започне при различни отрицателни температури, но най-често това става при -12 до -18°C. Между нулевата изотерма и нивото на замръзване облакът се състои от преохладени водни капки, между които попадат ледени кристали от по-високите и по-студените части на облака.

Капките и кристалите в облака са в непрекъснато движение. Вятърът ги отнася настрани, възходящите движения на въздуха ги увеличават нагоре, а при отслабването им те падат надолу под действието на силата на тежестта. В резултат на тези движения температурата и относителната влажност около тях непрекъснато се променят и те участват в различни фазови преходи на водата: изпаряват се, отново се образуват, замръзват, сублимират и т. н. Капките и кристалите от периферията на облака се изпаряват в заобикалящия ги въздух, защото водната пара в него е в ненаситено състояние. Облакът обаче не изчезва, защото притокът на пара към него продължава. По такъв начин от една страна, облакът се развива, а от друга, се разрушава, така че впечатлението, което има наблюдателят от земята, че стои неподвижно, съставен от едни и същи облачни елементи, е измамно. В метеорологичните станции наблюденията на облачността се извършват визуално. Определят се степента на покритост на небето с облаци, техния вид и височина. Прибори за определяне височината на долната граница на облаците и метеорологични радиолокатори за следене на вътрешния им строеж има на летищата и полигоните за борба с градушката.

Още първите наблюдения са показали, че независимо от голямото разнообразие на облаците, те могат да бъдат сведени до няколко основни типа в зависимост от външния им вид. За еднородност и удобство при определяне вида на облаците се използва Международен облачен атлас, в който са дадени снимки и описание на най-разпространените видове облаци. Този атлас съответства на международно приета класификация на облаците, съставена според техния вид и височина. Наименованията на облаците имат латински произход и се формират от думи, даващи възможност да си представим техния външен вид. Най-често употребяваните са “stratus”, което означава слой, “cumulus” - куп, “cirrus” - къдрица, “altus” - висок, “nimbus” - дъжд, и т. н.

Според международната класификация облаците се делят на 4 семейства, тези семейства се разделят на 10 рода, а те - на множество видове и разновидности. Четирите семейства се определят според височината:

- високи - с долна граница над 6 км;
- средни - с долна граница от 2 до 6 км;
- ниски - с долна граница под 2 км и
- облаци с вертикално развитие - основата им обикновено е на височина 1 - 2 км, а горната им част достига, а понякога надминава 13 км.

Десетта рода и най-характерните особености на всеки от тях са следните:

Високи облаци - образуват се от ледени кристали, много са тънки и от тях не вали.

1. *Перести облаци* (Cirrus, съкратено Ci) - отделни почти прозрачни нежни облаци с нишковидна или влакнеста структура. През тях се виждат добре Слънцето и Луната.

2. *Пересто - купесто облаци* (Circocumulus, съкратено Cc) - тънък прозрачен облачен слой, състоящ се от малки кълбета или отделни парцали, разположени в групи, а често и в редове.

3. *Пересто - слоести облаци* (Cirrostratus, съкратено Cs) - тънко белезникаво було, което придава на небето млечен цвят. През тези облаци се наблюдават най-ярките оптични явления - кръгове около Слънцето и Луната.

Средни облаци

4. *Висококупести облаци* (Alto cumululus, съкратено Ac) - тънък облачен слой, състоящ се от отделни редици или правилно подредени кълбовидни образувания със засенчени места. Рядко са в безредие, понякога се образуват просвети, през които се вижда небето. Съставени са от водни капки, често преохладени, а в някои случаи в тях се появяват и ледени кристали. Имат много разновидности - понякога например формата им е лещовидна (Alto cumululus lenticularis), друг път са като разкъсани парцали, а понякога от тях изникват отделни образувания, като зъбери, куполи или кулички. Тези образувания показват, че атмосферата е нестабилна и обикновено са предвестници на валеж в следобедните часове.

5. *Високослоести облаци* (Alto stratus, съкратено As) - сива облачна пелена с влакнеста структура. Появяват се най-често след пересто-слоестите. Те са типични смесени облаци. Докато са по-тънки, Слънцето и Луната прозират през тях, но с течение на времето могат да се уплътнят и да се снижат и от тях да падне слаб валеж. Това обикновено става през зимата, защото през лятото дребните капчици се изпаряват, преди да стигнат до земята.

Ниски облаци

6. *Слоесто-купести облаци* (Strato cumululus, съкратено Sc) - по външен вид приличат на висококупестите, но са по-плътни и са разположени по-ниско. От тях не вали.

7. *Слоести облаци* (Stratus, съкратено St) - еднороден облачен слой със сив цвят, който може да покрива цялото небе. Понякога е разположен много ниско над земята - на 50 - 100 м. От такива облаци може да ръми или да падат дребни снежинки или снежни зърна.

8. *Слоесто-дъждовни облаци* (Nimbo stratus, съкратено Ns) - тъмносив, плътен, сравнително еднороден облачен слой с доста голяма дебелина. Тези облаци могат да покриват цялото небе и от тях падат продължителни валежи.

Облаци с вертикално развитие

9. *Купести облаци* (Cumulus, съкратено Cu) - отделни плътни облачни маси с плоска основа и куполообразна бяла и като че ли набъбваща горна част. Зараждат се като неголями бели кълба, но бързо се формира хоризонтална основа и облакът започва да се развива във височина. Могат да бъдат слабо развити по вертикалата - Cumulus humilis (Cuhum), или т. н. "облаци на хубаво време", или *мощни купести облаци* - Cumulus congestus, които се образуват, ако атмосферата е неустойчива. Имат добре изразен дневен ход - най-често се наблюдават около обедните часове през лятото. Вечер започват да се разстилат и да образуват *вечерни слоисто-купести облаци* - Strato cumululus vespertalis.

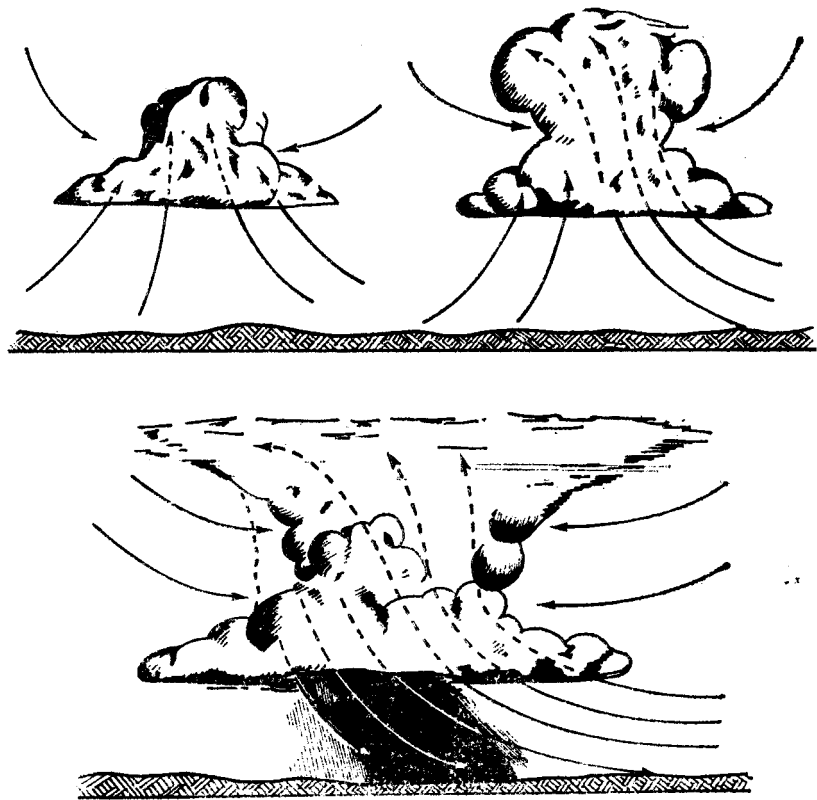
10. *Купесто-дъждовни облаци* (Cumulonimbus, съкратено Cb) - образуват се в резултат на по-нататъшното развитие на купестите облаци при силна неустойчивост на атмосферата. Достигат много голямо развитие по вертикалата и горната им част се състои от ледени кристали и капки, чийто размери могат да бъдат много големи. Върхът им загубва закръглената си форма, придобива влакнеста структура и се превръща в "наковалня" - Cumulonimbus incus. Скоростта на вертикалните движения в тях може да надмине 20 м/с. От купесто-дъждовните облаци падат поройни валежи, придружени от гръмотевична дейност, понякога падат градушки. При развитието и разпадането на такъв облак се образуват Cirrus - това е "наковалнята", Alto stratus, Alto cumululus и т. н., т. е. той е една истинска "фабрика за облаци".

Образуване на облаците.

За да се образува облак, не е достатъчно в атмосферата да има водна пара и кондензационни (сублимационни) ядра. Необходимо е и охлаждане на въздуха, за да се стигне до точката на оросяване и да започнат да се образуват водни капки. Механизмите за това са няколко, но решаващата роля за образуването на облаци принадлежи на адиабатното охлаждане при издигането на въздушните маси. В такъв случай трябва да се отговори на въпроса, кои са причините за издигането на въздушните маси, водещо до понижаване на тяхната температура. Най-общо, могат да се разграничат две такива причини: въздухът се издига или защото става по-лек от околния в резултат на нагриване и овлажняване, или защото му действат някакви външни сили, насочващи го нагоре.

В първия случай говорим за *термична конвекция*. Поради силното нагриване на отделни участъци от земната повърхност се нагрива и приземният въздух и отделни порции, наречени *термици*, започват да изплуват нагоре; над по-слабо нагретите участъци възникват низходящи компенсационни движения. Постепенно отделните термици се сливат и се образува мощен възходящ поток, който увлича със себе си все повече и повече въздух.

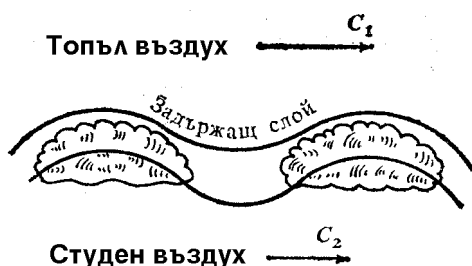
Когато температурата в термичка се понижи до точката на оросяване, той става видим заради водните капки, които се образуват, т. е. превръща



Фиг. 4 Схема на последователните етапи в развитието на конвективен облак

се в облак. Отделената при кондензацията топлина спомага за по-нататъшното издигане. Колкото повече термици се издигат и колкото по-голяма височина достигат, толкова мощни облаци се образуват. Това, както вече казахме, зависи от степента на устойчивост на атмосферата - тя определя дали ще се образуват само купести облаци на хубаво време, или те ще прераснат в мощни купести или купесто-дъждовни облаци. На фиг. 4 могат да се видят последователните етапи в развитието на конвективен облак. Ролята на термичната конвекция за образуването на облаци е най-голяма през летните и късните пролетни месеци, когато земната повърхност, която е все още достатъчно влажна, се нагрива силно от слънчевите лъчи.

Другият механизъм - принудено издигане на въздуха - може да се осъществи, когато при движението си той срещне планинско препятствие (динамична конвекция). Ако височината на препятствието е достатъчно голяма и въздухът е достатъчно влажен, издигайки се по наветрения склон, той ще достигне до нивото на кондензация и ще се образуват облаци. Освен това поради смущенията в потока, създадени от препятствието, зад него възниква система от вълни, чийто гребени и долини остават приблизително на едно и също място (стоящи вълни). По гребените на вълните въздушните частици се охлаждат поради издигането, водната пара кондензира и се образуват облаци. Обратно, в долините въздухът се загрива при спускането и се отдалечава от състоянието на насищане. Така се образуват *вълнообразни облаци*. Най-често в първата вълна се образува облак с лещовидна удължена форма и "шлифовани" краища.



Фиг. 5 Схема на образуване на вълнообразни облаци в инверсионен слой

Облаците, свързани с обтичането на планински препятствия, се наричат *орографски* (от "орос" - планина). Вълнообразни облаци се образуват и на границата на инверсионните или изотермните слоеве. Тъй като са устойчиви, тези слоеве задържат вертикалния обмен и водната пара близо до тях може да достигне състояние, близко до наситеното. Ако скоростта на вятъра под и над задържащия слой е различна (съответно C_1 и C_2), върху него възникват вълни, в гребените на които може да се достигне точката на оросяване и да се образуват облаци. Този

процес е представен на фиг. 5.

Друга причина за образуването на облаци е *турбулентността*, която се развива под инверсионния слой и изнася нагоре водна пара. Тъй като слоят е устойчиво-стратифициран и не позволява изнасянето на водна пара по-нагоре, тя се разпределя почти равномерно в пространството между земната повърхност и долната граница на инверсията. Това всъщност означава, че на известна височина нейното количество става по-голямо, отколкото е било до началото на интензивната турбулентност. Тъй като с височината температурата се понижава, под инверсионния слой може да настъпи насищане на водната пара и да се образува облак. Тези облаци са слоести, ниски и плътни и обхващат обширни пространства, достигащи понякога до стотици хиляди кв. км. Характерни са за есента и зимата (когато температурата е достатъчно ниска). За образуването им спомага изпарението от земната повърхност или от снега.

Всички разгледани дотук процеси протичат в еднородна въздушна маса, затова и облаци, породени от тях, се наричат *вътрешномасови*. Друга голяма група облаци са онези, които се наблюдават на границите между въздушни маси с различни температури, т. е. по атмосферните фронтове. Те се наричат *фронтални* и се образуват в топлия въздух в резултат на принуденото му издигане над студени. Образува се цяла система от облаци, закриваща небето на големи пространства и обхващаща всички етажи (високи, средни и ниски). Когато студеният въздух се движи бързо и изтласква нагоре големи порции топъл въздух, се образуват и мощни купесто-дъждовни облаци.

ВАЛЕЖИ

Голямото теоретично значение на валежите като звено от водния кръговрат и не малката им роля в процесите на карстификация, ги отделят като един от най-важните елементи на климата, стоящи в зрителното поле на спелеолога.

Образуване на валежите

Известно е, че не всички облаци са валежни. Облаци, наподобяват колоиден разтвор, като ролята на разтворител играе въздухът, в който са пръснати капките и кристалите. Колоидната устойчивост е състояние на облака, при което от него не падат валежи. То е характерно за облаци, които се състоят само от течни или само от твърди кондензационни продукти с приблизително еднакви размери (незаредени електрически или заредени предимно с едноименен заряд). Колоидната неустойчивост е състояние на облака, при което част от облачните елементи (капчици и кристали) се уголемяват и падат от него във вид на валеж. Колоидната неустойчивост се наблюдава при смесени облаци. Колоидно устойчиви са кълбестите, през лятото - високо-кълбестите, слоесто-кълбестите, пересто-кълбестите облаци. Колоидно неустойчиви са смесените облаци - слоесто-дъждовни и кълбесто-дъждовни. За да започне валеж е необходимо облачните елементи да надрейт до такава големина, при която скоростта на падането им да е по-голяма от скоростта на възходящите потоци въздух и да не се изпаряват по пътя им до земната повърхнина. Основните процеси, които спомагат за уголемяване на кондензационните продукти, са кондензацията и сублимацията на водна пара и коагулацията, т. е. сливането на водни капки или сцеплението на кристали при сблъскването им.

Кондензационното уголемяване на облачните елементи обхваща само началния етап от развитието на облака. При капки с радиус под 0,01 mm то е доста бързо (за няколко секунди радиусът им се уголемява 2-3 пъти). Голямите капки практически не растат по този начин. За да се получи само чрез кондензацията капка с радиус 1 mm, е необходим около 1 месец. Ако капките в облака са с различен размер, кондензационното уголемяване е по-интензивно, защото по-малките капки се изпаряват, а водната пара кондензира върху по-голямите, т. е. те нарастват за сметка на по-малките. Тъй като кондензационното уголемяване протича все по-бавно при увеличаване радиуса на капките, за няколко часа в един облак се образуват относително малки капки с почти еднакви размери. Това показва, че само чрез кондензационно уголемяване капките не могат да достигнат размера на дъждовни капки.

Сублимационното уголемяване на ледените кристали се наблюдава в смесените облаци, където става пренос на водна пара от капките върху кристалите. Този процес навсякъде води до обилни валежи. Той има най-голямо значение за валежите в извънтропичните ширини. Образуването на обилни валежи чрез сублимационно нарастване е свързано с облаци с голямо вертикално простиране (Cb, Ns). От облаци с малко вертикално развитие (Cu, Sc, Ac) при ниски температури (през зимата в умерените ширини и цялогодишно в големите географски ширини) евентуално може да падне слаб сняг. Сублимационното уголемяване на кристалите е значително по-бързо от кондензационното уголемяване на капките. То е най-интензивно при температура -12°C , когато разликата в пъргавината на насищане над преохладената вода и над лед е най-голяма. Този процес е особено добре изразен, когато в облака капките са повече от кристалите. Той продължава, докато се изпарят всички капки и облакът стане чисто леден.

По-нататъшното уголемяване на облачните елементи става чрез коагулация. Най-голяма е ролята на т. н. *гравитационна коагулация*. Тя е резултат от нееднаквата скорост на падане на капките, при което едрите падат по-бързо, настигат по-дребните и при усара се сливат с тях. Когато достигнат радиус 2-3 mm, тези капки се разбиват на 3-4 по-малки, те от своя страна растат, делят се и т. н. Гравитационната коагулация започва при капки с радиус около 0,015 mm, отначало е бавна и става съществена при капки с радиус над 0,03 mm. Ледените кристали могат да се сблъскват един с друг или с водни капки. Ако сблъскването им с водни капки става при отрицателни температури, кристалите растат поради замръзване по тях на преохладени водни капки. При положителни температури ледените кристали растат вследствие на образуването на водна обвивка около тях и постепенно се превръщат в капки.

В ледени облаци при своето движение кристалчетата се сливат до 100 в една снежинка. Формата на отделните снежинки е неповторима. При коагулацията на снежинки се образуват снежни парцали. Ако температурата между облака и земната повърхнина е отрицателна, пада сняг. При положителни температури (под нивото на нулевата изотерма) снежинките се топят и пада дъжд. Следователно, става ясно, че образуването на валеж е в зависимост от вертикалното развитие на облака. То се обуславя и от скоростта на възходящите движения в облака, от водността му и продължителността на съществуване. Затова облаци, съставени само от течни продукти, при определени условия могат да дадат валеж. В слоестите и слоесто-кълбестите облаци, които съществуват по-продължително време, отначало чрез кондензация, а след това по коагулационен път, може да се стигне до образуване на дребни капчици и да ръми. От слоесто-кълбестите облаци може дори да падне слаб дъжд или сняг. В мощните кълбести облаци със значителни възходящи движения се образуват множество дребни капчици. В тропичните области, където тези облаци имат голяма водност и значително вертикално развитие, капчиците в резултат на верижна реакция достигат размери до над 1 - 2 mm. Затова в тропичните ширини от такива облаци падат силни дъждове, а в умерените ширини те не дават валеж.

Количеството валеж, което пада за единица време, е важна характеристика на валежа и се нарича интензивност. Интензивността на валежа се изразява обикновено в mm за 1 min. Определя се чрез обработка на лентите от самопишещите уреди за измерване на валежите. Без самопишещи уреди визуално се дава само качествена характеристика, *в степени - слаби, умерени, силни валежи.* Най-голяма интензивност имат поройните валежи.

Класификация на валежите

Разнообразието на валежите по агрегатно състояние, форма, интензивност, начини на образуване и други, дават основание за поделянето и систематизирането им по различни признаци.

Класификация според агрегатното състояние на водата

Твърди валежи - сняг, снежна и ледена суграшица, град, снежни зърна, леден дъжд, скреж и слана. Твърдите валежи са характерни за полярните ширини и високопланинските райони на Земята. В умерените ширини те имат сезонен характер, извън тях са епизодични явления, а в тропиците и екваторияния пояс се наблюдават само на голяма надморска височина (с изключение на валежите от град).

Течни валежи - дъжд, ръмеж, роса. В зависимост от термичните условия те са рядко явление в полярните райони, а в умерените ширини се наблюдават през цялата година. През топлото полугодие са основен вид валеж. Във вътрешнотропичната област над равнинните райони се наблюдават почти само течни валежи (освен града).

Смесени валежи - мокър сняг. Това са валежи във вид на топящ се сняг или смес от дъжд и сняг.

Класификация според мястото на образуване

Високи (атмосферни валежи). Това са твърдите, течните и смесените валежи, които се формират в облаците и падат от тях (дъжд, сняг, суграшица, снежни зърна и ледени зърна, ръмеж, град).

Ниски (хоризонтални) валежи. Те са резултат от кондензация или сублимация на атмосферната влага върху земната повърхнина и предметите по нея. Към тази група се отнасят росата, сланата и скрежът.

Класификация според начина на изваляване

Обложни валежи. Това са спокойни, продължителни валежи над големи територии. Имат средна интензивност. Падат обикновено от фронтални слоисто - дъждовни и високо-слоести облаци, по-рядко от слоесто-кълбести.

Поройни валежи. Те падат обикновено от кълбесто-дъждовни облаци. Започват и спират внезапно, имат резки колебания в интензивността и обикновено обхващат малка площ. Капките, особено в началото на валежа, са много голями. Летните поройни валежи често са съпроводени от гръмотевични бури. През зимата пороеен характер имат снеговалежите от едри снежни парцали. В преходните сезони може да се наблюдават краткотрайни силни извалявания на суграшица едновременно със сняг и дъжд. Краткотрайните валежи не винаги са обилни. Количествата паднала вода варира в широки граници.

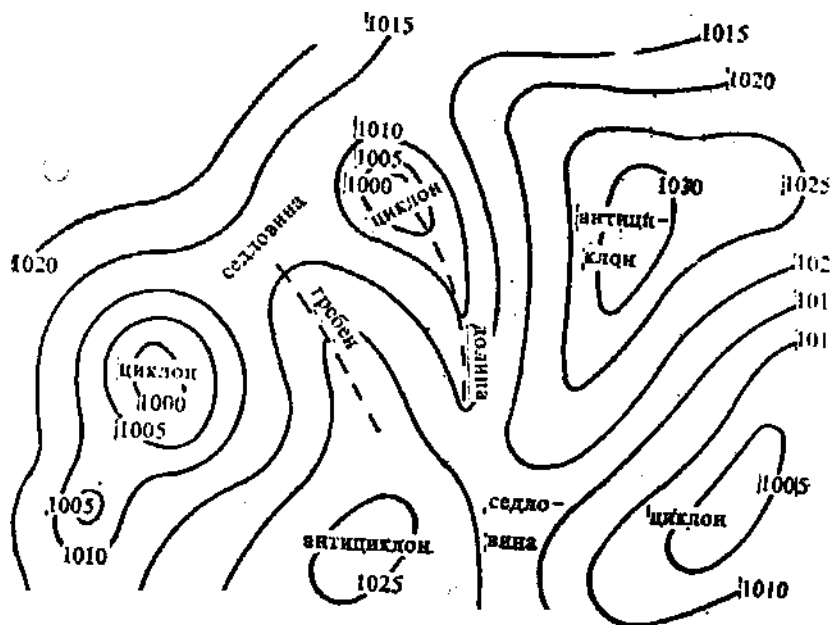
Класификация според условията на образуване

Вътрешномасови валежи. Те са свързани с еднородни въздушни маси и вътрешномасови облаци. Най-разпространени са вътрешномасовите поройни (или конвективни) валежи от кълбесто-дъждовна облачност във въздушни маси с неустойчива стратификация. При въздушни маси с устойчива стратификация пада ръмеж от слоести, по-рядко от слоесто-кълбести облаци. Вътрешномасови са и хоризонталните валежи.

Фронтални валежи. Образуват се на границата на две въздушни маси и бележат преминаването на фронта. При топъл фронт валежите са обложни, падат от слоесто-дъждовни облаци, по интензивност са умерени, засягат обширни територии пред фронта. По-студените фронтове са по интензивни, често поройни. Падат от кълбесто-дъждовни, отчасти от слоесто-дъждовни облаци. Обхващат по-тясна ивица от територията, предимно след фронта. При оклюзионни фронтове валежите падат и от двете страни на фронта, по-често имат обложен характер.

Орографски валежи. Те се формират при принудително изкачване на въздуха по склона на орографски прегради. Често са модификация на фронтални валежи, като подсилват ефекта им. Такова въздействие се чувства в повечето места по света, където са отбелязани максимални валежни количества за съответните райони.

БАРИЧНО ПОЛЕ. ИЗОБАРНИ ПОВЪРХНОСТИ



Фиг.6 Барични системи

Разпределението на атмосферното налягане в пространството се нарича *барично поле*. То може да се представи нагледно с помощта на повърхности, във всички точки на които налягането е еднакво - т. н. *изобарни повърхности*. Вече споменахме, че вертикалните изменения на налягането зависят от температурата и големината му при земята. Знаем също така, че стойностите на тези метеорологични елементи

върху земната повърхност не са еднакви - има топли и студени места и области на високо и ниско атмосферно налягане. Ето защо различни части от дадена изобарна повърхност се намират на различна височина над земята, т. е. тя се огъва и по нея има "вдлъбнатини" и "Възвишения" с различни размери. С други думи, изобарните повърхности имат свой собствен релеф или, както се казва, своя топография. Това, че изобарните повърхности не са успоредни на морското равнище, може да се установи, като се пресече атмосферния слой с вертикална равнина, т. е. като се направи вертикален разрез на атмосферата. При пресичането на дадена изобарна повърхност с някаква хоризонтална повърхност върху нея се получава линия, във всяка точка от която налягането има една и съща стойност. Тази линия се нарича *изобара*. Всъщност, хоризонталната повърхност пресича не само една, а няколко изобарни повърхности, така че върху нея се получава цяла система от изобари. Те дават представа за разпределението на налягането на дадената хоризонтална повърхност, т. е. на съответната височина в атмосферата. Най-общо могат да се разграничат области на понижено и области на повишено атмосферно налягане. Най-добре изразените области на ниско налягане са циклоните и баричните долини, а на високо - антициклоните и баричните гребени. *Циклон*, или *барична депресия*, се нарича системата от една или няколко затворени изобари с ниско налягане в центъра; означава се с буквата Н. Системата от една или няколко затворени изобари с високо налягане в центъра се нарича *антициклон*; означава се с буквата В. Баричното образувание, представляващо изтеглени от центъра на циклона към неговата периферия изобари с понижено налягане по оста, се нарича *долина*, а системата от изтеглени от центъра на антициклона изобари с повишено налягане по оста се нарича *гребен*. Освен това се образува и т. н. *седловина* - барична област между два циклона (долини) и два антициклона (гребена), разположени шахматно (вж фиг. 6).

Изобарите никъде не се пресичат, защото налягането в една и съща точка не може да има едновременно две различни стойности. В рамките на дадена ограничена територия едни изобари са затворени, а други се прекъсват по границите ѝ. Ако се начертаят за цялото земно кълбо обаче, всички изобари ще бъдат затворени. Така както се чертаят изобарите на морското равнище, могат да се начертаят и изобарите на всякаква височина в атмосферата. В метеорологичната практика обаче е прието да се съставят не карти на изобарите на различни височини, а карти на височината на различни изобарни повърхности. Те се наричат *карти на баричната топография* и се получават, като се съединят точките с една и съща височина на дадена изобарна повърхност. Получените линии се наричат *изохипси* ("хипсос" - височина). При това над областите с ниско налягане при земята изобарната повърхност е вдлъбната (височината е малка), а над области с високо налягане - изпъкнала (височината ѝ се

увеличава). На картите на баричната топография могат да се различат същите системи, които са характерни за разпределението на налягането при земята (вж фиг. 7).

Всъщност картите на баричната топография се чертаят не за геометричната височина на изобарните повърхности над морското равнище, а за т. н. геопотенциална височина и изохипсите съединяват точки с един и същ *геопотенциал*. Това е потенциалът на силата на тежестта във всяка точка от дадена изобарна повърхност, който зависи от температурата на слоя под нея, налягането на неговата долна и горна граница и земното ускорение. Геопотенциалът се изразява в геопотенциални метри или декаметри (гп м, гп дкм) и числените му стойности са близки до стойностите на геометричната височина на изобарните повърхности. Прието е изохипсите да се прекарват през 4 гп дкм, защото по този начин изобарите на приземната карта на налягането (прекарани през 5 хПа) почти съвпадат с изохипсите на изобарна повърхност 1000 хПа (прекарани през 4 гп дкм). Това се дължи на големината на барометричната стъпка при земята (8 м/хПа). Изобарните повърхности, за които се съставят картите на баричната топография, се наричат *основни* или *стандартни нива*. Картите, на които се нанася височината на стандартните изобарни повърхности, се наричат карти на *абсолютната топография* и се отбелязват с буквите АТ и с долен индекс съответното стандартно налягане. Освен картите на абсолютната топография се съставят и карти на *относителната топография* - ОТ. Те дават представа за дебелината на слоя между две фиксирани изобарни повърхности. Ако в даден район въздухът между две повърхности е топъл, слой ще се разшири и дебелината му ще бъде голяма; обратно - в районите с ниска температура на въздуха дебелината на слоя ще бъде малка. С други думи, дебелината на слоя между две фиксирани изобарни повърхности дава представа за неговата средна температура и картите ОТ всъщност представляват карти на нейното разпределение, т. е. относителните изохипси съвпадат в изотермите на средната температура на слоя. Така върху една и съща карта се получава взаимното разположение на изотермите и изохипсите. Именно по изохипсите духа вятърът, така че тази карта дава възможност да се оцени преносът на топлина в долната част на тропосферата. Комбинираната карта (АТ и ОТ) се нарича *карта на термобаричното поле*.

МЕСТНИ ПРИЗНАЦИ ЗА ПРЕДСКАЗВАНЕ НА ВРЕМЕТО

Силната зависимост на човека от условията на времето го е накарала още от най-древни времена да наблюдава атмосферните явления, да следи тяхната последователност и да се опитва да предсказва атмосферните промени. Чрез предаване на опита от поколение на поколение хората са разбрали, че различните промени на времето не настъпват внезапно, а са предшествувани за известен интервал от време от други явления или събития. *Местните признаци* за предсказване на времето могат да се разделят на *общи* и *специални*. Първите са валидни за пояса на умерените ширини и са свързани с атмосферните процеси, обусловени от движението на въздушните маси и атмосферните фронтове, от циклоните и антициклоните. Вторите са характерни само за даденото място или за места с едни и същи топографски особености, тъй като зареждането и протичането на някои атмосферни явления зависят до голяма степен от своеобразието на релефа на района.

1. Признаци, свързани със състоянието на атмосферата.

Когато не разполагаме със синоптични карти, демонстрирани услужливо от писаните и електронните медии, ние нямаме възможност да видим “движението на времето” над обширни пространства. Ето защо, трябва да търсим такива местни признаци, по които могат да се правят изводи за преместването на циклоните и свързаните с тях фронтове. Това са преди всичко облаците. По техния вид, височина и движение до известна степен може да се съди за въздушните течения във височина, за преместването на атмосферните смущения, за степента на устойчивост на въздушната маса, а от там и за времето за определения срок напред. Като местни признаци могат да се използват и различните оптични явления, които зависят от състоянието на атмосферата. Окраската на вечерната заря или утринната зора например зависи от количеството водна пара и прах в атмосферата, т. е. от свойствата на въздушната маса, които в крайна сметка определят до голяма степен и характера на времето. Със

състоянието на атмосферата са свързани и радиосмущенията, затова те също могат да се използват като признаци за предсказване на времето.

Признаци за запазване на ясно и сухо време

Както знаем, такава е времето в областите с повишено атмосферно налягане, формирани в устойчива въздушна маса. Най-характерните признаци, че времето ще остане ясно и сухо са следните. Температурата и облачността, особено през лятото, имат добре изразен денонощен ход. Максимумът на температурата се достига около 14-15 ч., а минимумът - малко преди изгрева на Слънцето. След ясна нощ към 9-10 ч. започват да се образуват купести облаци на хубаво време, които достигат максималното си развитие към 16 - 17 ч., и през нощта отново се изяснява. През зимата нощите също са ясни, а в сутрешните часове, главно в котловините, се образува мъгла. През пролетта и есента може да се образува роса, а понякога и слана. Народът казва: "Нощна роса - ясен ден". През нощта е тихо или духа слаб вятър. През деня вятърът може да се поусили и след това отново да стихне. Димът от кумините се издига вертикално нагоре. Край морето духа бризът, а в планинските райони е добре изразена планинско-долинната циркулация.

Най-добър признак за задържане на хубавото време е чистият залез на Слънцето. През зимата при чист залез на Слънцето челата на високите планински върхове са обагрени в червено и наблюдателите на високопланинските станции предвиждат: "Ако върхът пламти, нощта и денят ще бъдат ясни". Чистият син цвят на небето през зимата е също така един от признаците за задържане на ясното време. Освен това народът казва: "Ясна Луна - очаквай слана" (през пролетта и есента), "Бялата Луна не дава нито дъжд, нито сняг" или "Бяла Луна - слънчев ден". Всичко това е следствие от липсата на облачност и малката влажност на въздуха. Що се отнася до радиосмущенията, те са слаби, а през лятото имат денонощен ход - усилват се през деня и отслабват през нощта.

Признаци за преминаване от ясно и сухо към неустойчиво време

Неустойчивото време се наблюдава най-често през лятото в еднородна неустойчива въздушна маса или при преминаване на слабо изразен студен фронт. Свързано е преди всичко с нагряването на земната повърхност от слънчевите лъчи. През нощта е било почти ясно, а в следобедните часове се разразяват гръмотевични бури и падат краткотрайни валежи. Както вече знаем, тези валежи имат петнист характер и не обхващат обширни площи, затова предсказването на точното място и времето, по което ще падат, е невъзможно. По някои признаци, през лятото от сутринта могат да се предскажат краткотрайните валежи и гръмотевичните бури за следобедните часове. Сутрин купестите облаци се появяват рано, като са наредени във вид на зъбци или кули. Това показва, че атмосферата е в неустойчиво състояние. То стимулира възходящите потоци, породени от нагряването на земната повърхност през деня, и образуваните купести облаци бързо нарастват във височина и се закълбят, като се превръщат в купесто-дъждовни облаци. От тях падат краткотрайни валежи и се разразяват гръмотевични бури. Народът казва: "Ако сутрин облаците имат вид на планина - привечер чакай дъжд".

Необходимо условие за образуването на купесто-дъждовни облаци е и голямото влагосъдържание на въздуха. Ето защо, ако през лятото сутрин има мъгла, след пладне ще гърми. Високата влажност на топлия въздух създава усещане за задух, въздухът като че ли "пари". Оттук произхожда и признакът: "Задухът без гръмотевици не ще мине". От друга страна ако вятърът духа неравномерно, т. е. ту се усилва, ту отслабва, като променя посоката си, а през нощта се усили още повече, вероятността за неустойчивото време се увеличава. Димът от кумините се стеле ниско над земята. Ако през деня небето е бяло, мътно и слънцето залязва зад облаци - ще има дъжд. Радиосмущенията се засилват рязко още от сутринта поради възникващите във въздуха електрични заряди.

Признаци за настъпване на лошо време

Всяка коренна промяна на времето е свързана с приближаването или преминаването на циклони и на разположените в тях фронтове. Ето защо едни от признаците за влошаване на времето са свързани с нарушаване на нормалния денонощен ход на метеорологичните елементи, характерен за антициклоничното време. Други подсказват приближаването на

Микроклимат

циклона и на свързаните с него фронтове. Тъй като в предната част на циклона е разположен топлият или т. н. оклюзионен фронт, през зимата студът отслабва още преди да е дошъл фронтът, а през лятото денонощният ход на температурата се нарушава. Ако температурата в 17 ч. е по-висока, отколкото в 14 ч., трябва да се очаква разваляне на времето. Този признак, забелязан и проверен в съвременната синоптична практика, има събъдемост 90 - 95 %. Нощта преди влошаването на времето е топла и ветровита. роса не се образува. Народът казва: “Ако сутрин тревата е суха, привечер очаквай дъжд”.

Важен признак за приближаването на циклон е и вятърът. Той започва да се усилва независимо от часа на денонощието. Морския бриз и планинско-долинната циркулация се нарушават. Сменя се и посоката на вятъра. В северозападна България народът казва: “Появи ли се кошава (източния вятър) - времето се влошава, завалява”. (Това е така, защото в челната част на циклона духат южни, югоизточни, а понякога и източни ветрове). Друг предвестник за валежи и застудяване е фьонът, който се появява в някои райони на страната. Затова, ако през пролетта и есента комините не теглят, времето ще се развали. Най-важните предвестници за влошаване на времето са перестите облаци, които се появяват от запад и постепенно преминават в пересто-слоести, а те - във високослоести. Това е облачността пред топлия фронт. В зависимост от скоростта на движението му времето се разваля след 20-24 часа (порядко след 36 часа) от появата на перестите облаци. Този признак е валиден главно за студеното полугодие, защото през лятото топлиите фронтове са слабо изразени и не дават валежи. Предвестници на застудяване и валежи са и лещообразните облаци, които се наблюдават в някои райони северно от планините.

Освен това народът е установил доста признаци, свързани с увеличаването влажността на въздуха преди влошаване на времето. Някои от тях са следните:

Ако солта овлажнява - времето се разваля.

Ако струните на музикалните инструменти са отпуснати, е на дъжд, а ако са опънати до скъсване, е на сухо време.

Ако тръбата на клозетното казанче овлажнява - времето ще се разваля.

За високата влажност на въздуха говори и червения цвят на вечерната заря. Ако предишния ден вечерната заря е била оранжева или розова, а на следващия ден придобие пурпурна окраска, причината за това може да бъде приближаването на по-влажна въздушна маса от запад и могат да се очакват валежи. Цветовете на залеза се променят и от тънките перести облаци - те разсейват слънчевата светлина и правят залеза мътен. Ето защо бледният залез на Слънцето е признак за влошаване на времето. Предвестник на дъжд е и бледата Луна. Признак за влошаване на времето могат да бъдат и някои миризми - силно и неприятно започват да миришат например каналите и блатата. това е свързано с падането на атмосферното налягане. Докато то е високо, газовете, получени например при гниенето или при други процеси, се задържат близо до самата повърхност, а при ниско налягане излизат навън и се разпространяват нагоре и настрани.

Освен това съществуват характерни оптични явления, които се наблюдават добре, когато други предвестници още не се забелязват. Такива са кръговете и венците около Слънцето и Луната. Те се образуват при появата на перести облаци (предвестниците на топъл фронт) и се наблюдават тогава, когато самите облаци са все още незабележими (особенно когато се появяват през нощта). При венците трябва да се следи и промяната на размерите им с течение на времето. Ако радиусът на венеца и яркостта на цветовете му намаляват, това означава, че водните капки или ледените кристали на облака нарастват и може да се очаква валеж. Във всички краища на страната народът казва: “Появи ли се харман около Луната или Слънцето, времето ще се развали”. Когато няма Луна, за приближаването на топлия фронт може да се съди и по звездите. Действително, ако небето се покрие с перести или пересто-слоести облаци, по-слабите звезди изчезват и затова народът казва: “Когато звездите започнат да се крият - скоро ще има дъжд”. Признак за приближаването на циклон и за разваляне на времето е и трептенето на звездите. То се усилва при усилването на вятъра (т. е. при неспокойно състояние на атмосферата), при понижаване на температурата и увеличаване на влажността.

Предвестник на лошото време е и увеличаването на чувателността, тъй като скоростта на звука и звукопроводимостта във влажния въздух са по-големи, отколкото в сухия. Затова, ако гласовете се чуват отдалече или ако гората ечи, може да се очаква дъжд (през зимата сняг). Тук обаче трябва да се внимава да не се изпадне в грешка, тъй като чувателността може да се увеличи и поради попътен вятър. Признаци за скорошно разваляне на времето са и рязкото отслабване или рязкото усилване на радиосмущенията и нарушаването на техния денонощен ход, характерен за антициклоничното време. Рязкото отслабване на радиосмущенията е свързано с приближаването на топъл фронт - тогава устойчивостта на атмосферата се увеличава; ако времето ще се развали поради приближаването на студен фронт, радиосмущенията рязко се засилват.

Признаци за задържане на лошото време

Почти всички местни признаци са забележими само при хубаво време, затова без синоптична карта трудно може да се предскаже кога ще завърши настъпилният период с лошо време. Все пак някои признаци, които показват, че времето ще се задържи такова и че няма да се промени през следващите няколко часа, са следните. Ниската слоеста облачност има почти еднороден сив цвят без видими закълбявания. Дъждът или снегът падат равномерно, без забележими усилвания или отслабвания. Температурата почти не се променя и няма забележим денонощен ход. Вятърът не променя посоката си, особено ако е югоизточен, източен или североизточен. Признак, че времето ще се задържи лошо, е и отслабването на радиосмущенията.

Признаци за подобряване на времето

Продължителното задържане на лошото време е свързано с циклоните. Поради това подобрене на времето ще настъпи тогава, когато районът, в който се намира наблюдателят, попадне в тилната част на циклона, след което ще се образува антициклон - носител на хубавото време. Основен признак за тази промяна е преминаването на студения фронт. Западният или северозападният вятър постепенно отслабва, валежите спират, облачността се разкусва и намалява. През зимата настъпва чувствително застудяване, а през лятото - повишаване на температурите. Обикновено колкото по-бавно настъпва тази промяна, толкова по-вероятно е последвалото я ясно и сухо време да се задържи по-дълго. Бавното подобрене на времето показва, че циклонът причинил лошото време е бил добре развит и слабоподвижен, така че, антициклонът, формирал се в тилната му част, също остава слабоподвижен и определя характера на времето в дадения район в продължение на няколко дни. Обратно, ако подобрието на времето настъпва бързо, то е краткотрайно. Това се наблюдава тогава, когато слабо развити циклони и следващите ги области на повишено налягане се редуват бързо, т. е. лошото време се следва от временно подобрене.

ЛИТЕРАТУРА за допълнителна информация:

1. Векилска Б., Обща климатология, Ун. изд. "Св. Кл. Охридски", София, 1991
2. Сиракова М. и колектив, Метеорология за всеки, Изд. Наука и изкуство, фия, 1989