

IVAN SLÁDEK

VLIV METEOROLOGICKÝCH ČINITELŮ NA ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Tento článek tematicky navazuje na pojednání „Klimatologické aspekty znečištění ovzduší“, uveřejněné v předchozím čísle Sborníku Čs. společnosti zeměpisné.

1. Vliv rychlosti a směru větru na znečištění ovzduší

Z bohaté literatury, zabývající se vztahem mezi přízemním větrem a obsahem plynných příměsí nebo pevných částic o malé pádové rychlosti v přízemní vrstvě ovzduší vyplývá všeobecný závěr, že koncentrace těchto látek se stoupající rychlostí klesá a to buď v celém rozsahu vyskytujících se rychlostí větru nebo počínaje určitou hodnotou rychlosti větru — kritickou rychlostí větru vyvýšených zdrojů příměsí.

Různí autoři vymezili z hlediska vztahu rychlosti větru a koncentrace příměsí několik charakteristických intervalů či oborů hodnot rychlosti větru. Tak podle McCormicka (16) ke hromadění příměsí ve vzduchu obvykle dochází za persistence rychlostí přízemního větru nižších než asi 7 mil/h (3,1 m/s). Pro území USA byly vypracovány mapy relativních četností výskytu nočních rychlostí větru menších nebo rovných 7 mil/h. McCormick (16) uvádí jako ukazatel potenciálu znečištění ovzduší pro řadu světových velkoměst relativní četnosti přízemních rychlostí větru nižších než 7,9 mil/h (3,6 m/s) a to zvlášť pro čtyři roční období. Oddělení znečištění ovzduší americké Public Health Service vydává pro území USA předpovědi možného výskytu vysoké intenzity znečištění ovzduší, přičemž jako jedno z kritérií pro předpověď vysokého „potenciálu znečištění“ je očekávaný výskyt přízemních rychlostí větru, nižších než 8 uzlů.

Lze tedy shrnout, že v USA se všeobecně přijímá názor, že až na řídce výjimky může dojít k výskytu vysokých hodnot koncentrace škodlivin v ovzduší jen při přízemních rychlostech větru nižších, než asi 3 až 4 m/s. Bylo by možno jmenovat též řadu evropských prací, jejichž autoři dospěli k podobnému závěru.

Podle W. Parczewského (19) vzrůstá intenzita turbulentní výměny skokem, překročí-li vítr (ve výši větrné korouhve) rychlost 4 m/s. Druhá taková diskontinuita ve změně intenzity turbulentní výměny nastává při rychlosti 9–10 m/s. Proto Parczewski navrhl, aby v klimatologických zpracováních byla rychlost větru tříděna tak, aby hodnoty 4 m/s a 10 m/s tvořily hranici tříd.

Vztah mezi směrem větru a znečištěním ovzduší je podmíněn především rozmístěním a typem zdrojů znečišťujících příměsí. Nehledě k tomu, lze ve střední Evropě očekávat zvýšenou pravděpodobnost výskytu vysokých koncentrací příměsí při větrech, vanoucích z jižního a východního kvadrantu. To souvisí s advekci teplých a tudíž stabilních vzduchových hmot od jihu a se zimními vpády stabilně zvrstveného kontinentálního polárního vzduchu od východu až severovýchodu, který si své vlastnosti nějaký čas uchovává i v naší zeměpisné oblasti.

Munzar (18) stanovil relativní četnosti výskytu teplotních inverzí (případů,

kdy teplota na Milešovce byla vyšší než v Doksanech) pro jednotlivé směry větru na Milešovce. Munzarovy údaje ukazují výrazně vyšší četnost inverzí při proudění z jižního a východního kvadrantu, než při ostatních směrech větru (tab. 1).

Tab. 1. Relativní četnost (%) teplotních inverzí při směrech větru na Milešovce. Podle hodnot teplotní difference Doksany—Milešovka a směru větru na Milešovce, stanovených pro každou hodinu období 1956—1960. Podle J. Munzara (18).

Směr větru	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm
Relat. četnost inverzí	8,1	13,2	15,6	16,3	19,6	18,8	11,0	7,7	23,5

O intenzitě turbulentní difúze je někdy usuzováno podle variability rychlosti a směru větru. Rozšířené jsou různé klasifikace zápisu směru větru (anemogramů). Existují též komerčně vyráběná zařízení, která vypočítávají směrodatnou odchylku azimutu připojené směrovky (tzv. sigma — metry či sigma — computery) a přístroje měřící nárazovitosti větru (gust accelerometers), které jsou i prakticky využívány při časové regulaci emise škodlivin.

2. Vztah mezi teplotním zvrstvením a znečištěním ovzduší

Pro exhalace přízemních nebo nízkých zdrojů platí, že za jinak stejných podmínek způsobují tím větší znečištění přízemní vrstvy ovzduší, čím větší je vertikální teplotní gradient v přízemní vrstvě.¹

C. East podal předběžnou zprávu o průzkumu trojrozměrného pole koncentrace SO₂ nad Montrealem v závislosti na teplotním zvrstvení (5). S pomocí k tomuto účelu vybaveného vrtulníku byly měřeny vertikální profily teploty a koncentrace SO₂ nad 11 místy v Montrealu. Tyto sondáže byly prováděny během dvou až tří hodin po východu slunce a v některých dnech i krátce po poledni, vždy od země do výšky 3000 stop (cca 1 km). Eastovo předběžné sdělení (5) se týká výsledků takovýchto měření, provedených během 21 dnů mezi 16. únorem a 12. dubnem 1968.

Na obr. 1. jsou znázorněny profily teploty a koncentrace SO₂, zjištěné výstupy vrtulníku 9. března 1968 v 7.15 hod. a ve 13.00 hod. nad místem Atwater v centrální části Montrealu. Nejvyšší koncentrace SO₂ nebyla nalezena při zemi, ale ve výšce 100—300 m. Prudký pokles koncentrace SO₂ s výškou, který byl při ranním měření zjištěn ve výšce 300 m, je Eastem vysvětlován kombinací vlivů výrazné teplotní inverze a západního větru ve výšce nad 300 m, vanoucího z málo znečištěného sektoru města. Při odpoledním výstupu byl zjištěn značný pokles koncentrace SO₂ s výškou blízko základny vyvýšené inverze, avšak část SO₂ pronikla i do inverzní vrstvy.

East zařadil jednotlivé ranní výstupy do tří kategorií:

- A) silná ranní inverze, která přetrvává až do odpoledních hodin;
- B) slabá ranní inverze, která je rozrušena během dopoledne,
- C) ranní inverze se nevyskytlá.

¹) Za předpokladu, že při poklesu teploty s výškou má vertikální teplotní gradient zápornou hodnotu. V posledních letech mnozí autoři používají opačných znamének gradientu.

V případech (A) kolísá výška základny inverze ráno od 100 do 200 m, odpoledne od 300 do 400 m (nad městem jde vesměs o vyvýšené inverze). V případech (B) je výška základny ranní inverze 250–350 m, tedy výše, než u (A).

Z 21 dnů, v nichž byly provedeny ranní sondáže, připadlo 7 do kategorie „slabá ranní inverze“ — z toho 4 případy se vyskytly za přechodu teplé fronty, šlo tedy o inverze frontálního a (nebo) advektivního původu — a 3 případy na situaci tlakové výše nebo hřebene vysokého tlaku, kdy inverze byly pravděpodobně radiální. Ze 7 případů, spadajících do kategorie „slabá ranní inverze“ připadlo 5 na tlakovou výši nebo hřeben a po jednom na teplý sektor cyklóny a na cyklóny východně od provincie Quebec. Všechny 7 dnů, zařazených do skupiny případů bez ranní inverze, bylo spojeno s tlakovou níží nad atlantickým pobřežím, kdy v Montrealu převládal NW a W vítr značně vyšších rychlostí, než ve dnech s ranní inverzí.

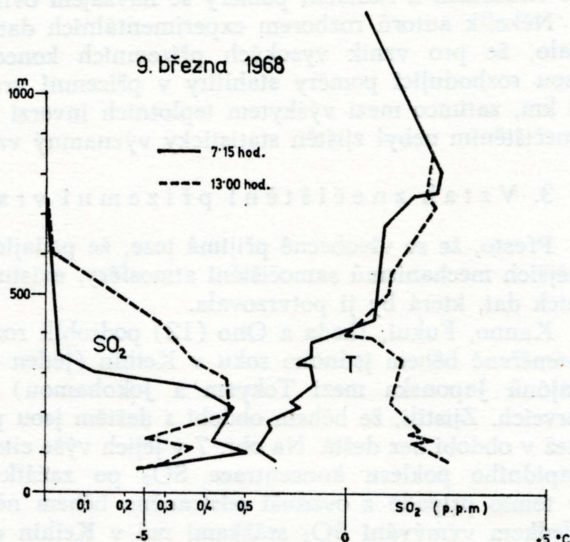
Podle Easta je teplotní zvrstvení typu (A) spojeno s vysokým znečištěním ovzduší ráno a mírným avšak setrvalým odpoledne. Typ (B) vede k mírnému až vysokému znečištění ráno, avšak nízkému odpoledne. Typ (C) je z hlediska čistoty ovzduší nejpříznivější.

Povšimněme si dále několika atmosférických procesů v konkrétních geografických oblastech, které vedou ke vzniku z hlediska čistoty přízemní vrstvy ovzduší nepříznivého teplotního zvrstvení.

Klasickým příkladem vysokých koncentrací SO_2 , působených mechanismem „zadýmání“ je příklad údolí řeky Kolumbie v pohraničí Kanady a USA. Exhalace slévárny kovů v Trailu, obsahující velké množství SO_2 , byly unášeny gravitačním prouděním ve směru spádu kaňonu Kolumbie, hlubokého v této oblasti 600–800 m. Exhalace tvořily dosti ostře ohraničenou vrstvu v určité výšce nad zemí, jejíž rozrušení bránila teplotní inverze v údolí. Po východu Slunce se při dnu údolí vytvářela vrstva s nadadiabatickým teplotním gradientem s intenzivní vertikální výměnou. Když horní hranice této vrstvy dosáhla hladiny, v níž byly koncentrovány exhalace, dostaly se škodliviny k zemi. Na všech měřicích stanicích, rozmístěných podél údolí v úseku 10 až 55 km od slévárny byl téměř současně zaznamenán náhlý nárůst vysokých koncentrací SO_2 .

Vertikální profily koncentrace SO_2 a teploty podle měření v 7,15 a 13,00 hod. dne 9. března 1968 nad centrální částí Montrealu (Kanada). Osa pořadnic — nadmořská výška: profily koncentrace SO_2 a teploty začínají ve výšce několika m nad zemským povrchem. Podle C. Easta [5].

(Kreslil V. Dlouhý.)



Specifické klimatické podmínky pro vznik vysokých koncentrací škodlivin jsou na východních periferiích subtropických oceanických anticyklón. V důsledku přítoku vzduchu mírných šířek je v těchto oblastech spodní vrstva pasátového proudění poměrně chladná, zatímco horní část pasátu je tvořena vzduchem, ohřátým anticyklonální subsidencí. Inverze, která se takto vytváří, je zesilována vlivem chladných mořských proudů při západních březích kontinentů. Tato inverze leží pod kondenzační hladinou a proto se tropické šířky západních břehů kontinentů vyznačují vysokou vlhkostí vzduchu a pobřežními mlhami a současně malým množstvím srážek. S postupem industrializace v těchto oblastech lze očekávat, že tytéž příčiny, které tam dnes vedou ke vzniku vysokých hodnot absolutní i relativní vlhkosti, budou mít za následek vznik vysokých koncentrací průmyslových exhalací.

Z oblasti zálivu San Francisco je znám zajímavý místní způsob vzniku teplotní inverze s vyvýšenou základnou v teplé části roku. Chladný vzduch z Pacifiku proudí v oblasti průlivu Zlatá Brána nad záliv, kde se část tohoto proudu stáčí podél horského hřebene na východním pobřeží zálivu k jihu. Jiný proud oceanického vzduchu se dostává nad jižní část zálivu San Francisco přes poloostrov, který odděluje záliv od oceánu. Vzduch, který se nad jižní část zálivu a přilehlé pobřeží dostal touto druhou cestou, získal při pohybu nad souší vyšší teplotu než vzduch, který se do téže oblasti dostal po dráze, vedoucí oblastí Zlaté Brány a nad zálivem San Francisco. Při setkání obou proudů se jejich vzduch zvrství v souhlasu s jeho hustotou a vznikne vyvýšená teplotní inverze, která v okolí Palo Alto může mít spodní základnu níže než 100 m nad zemí. (F. A. Leighton (15)).

Takových místně specifických mechanismů vzniku teplotního zvrstvení, nepříznivého rozptylu exhalací, existuje jistě daleko víc, než je dosud známo.

V našich podmínkách jsou podle Reina (21) nejdůležitější příčinou vzniku nepříznivého teplotního zvrstvení radiální poměry. Vznik velmi stabilní mezní vrstvy je v našich podmínkách vázán ponejvíce na jiný než cirkulační původ (Rein [21]). To ovšem neznamená, že by u nás radiální poměry byly jedinou příčinou vzniku nepříznivého teplotního profilu. Konečně, je třeba mít na paměti, že cirkulační a radiální poměry se navzájem ovlivňují.

Několik autorů rozborem experimentálních dat z různých lokalit shodně ukázalo, že pro vznik vysokých přízemních koncentrací průmyslových škodlivin jsou rozhodující poměry stability v přízemní vrstvě ovzduší, mocné asi 1,5 až 2 km, zatímco mezi výskytem teplotních inverzí nad touto vrstvou a přízemním znečištěním nebyl zjištěn statisticky významný vztah.

3. Vztah znečištění přízemní vrstvy ovzduší a srážek

Přesto, že se všeobecně přijímá teze, že padající srážky jsou jedním z nejúčinnějších mechanismů samočištění atmosféry, existuje jen velmi málo experimentálních dat, která by ji potvrzovala.

Kanno, Fukui, Ikeda a Ono (12) podrobili rozboru závislosti koncentrace SO_2 naměřené během jednoho roku v Keihin (jeden z nejdůležitějších průmyslových rajónů Japonska mezi Tokyem a Jokohamou) na některých meteorologických prvcích. Zjistili, že během období s deštěm jsou průměrné koncentrace SO_2 nižší než v období bez deště. Na obr. 7 v jejich výše citované práci je znázorněn příklad rapidního poklesu koncentrace SO_2 po začátku deště — většina SO_2 byla v tomto případě z ovzduší odstraněna během několika hodin trvání deště. Následkem vymývání SO_2 srážkami má v Keihin denní chod koncentrace SO_2 ve dnech s deštěm menší amplitudu, než ve dnech bez deště.

Podle studie Z. Ubla (30), který chemicky analyzoval asi 400 vzorků srážkových vod, zachycených v Praze od poloviny r. 1957 do konce r. 1960, lze soudit, že k obohacování srážkové vody rozpustnými sloučeninami síry z ovzduší a tudíž k čištění atmosféry dochází v Praze při srážkách, při nichž spadne 0,1 až 2–3 mm vody. Pokračuje-li vypadávání srážek i po spadu 3 mm vody, nezachycují se již téměř žádné sloučeniny síry. Pro další příměsi v ovzduší zjistil Z. Ubl jiné hodnoty množství srážek, při jehož překročení již téměř nedochází k další absorpci těchto příměsí do srážkové vody. Tyto hodnoty jsou 5 mm pro vápník, 2–3 mm pro ionty NH_3 a 3–4 mm pro chloridy.

Ve zmíněné studii Z. Ubla nejsou rozlišovány srážky ani podle jejich skupenství, ani podle roční doby či intenzity apod.

Na našem území bývají statistické vztahy mezi obsahem SO_2 — nejběžnější škodliviny v našich podmínkách — v ovzduší a množstvím, trváním či výskytem srážek různého typu málo výrazné. V chladné části roku, kdy jsou koncentrace SO_2 v ovzduší nejvyšší, jsou ve střední Evropě srážky často provázeny advektivními a frontálními inverzemi teploty, které potlačují rozptyl příměsí, takže čistící účinek srážek se nemusí projevit zmenšením koncentrace příměsí v ovzduší. Řada fyzikálních a chemických otázek, souvisejících s čištěním atmosféry srážkami, zůstává nevyjasněna.

4. Metody určení potenciálu znečištění ovzduší

Jako potenciál znečištění ovzduší je označován soubor meteorologických, případně topografických faktorů, podmiňujících hladinu možného znečištění ovzduší. Nízký potenciál znečištění ovzduší je v oblastech, kde klimatické poměry jsou příznivé pro rozptyl příměsí a v obdobích, kdy počasí brání vzniku vysokých koncentrací příměsí. Jsou sestrojovány klimatologické mapy potenciálu znečištění ovzduší a vydávány krátkodobé prognózy potenciálu znečištění. Potenciál znečištění nezávisí na velikosti emise příměsí do atmosféry, avšak v některých metodách určení potenciálu znečištění se bere v úvahu výška, do níž jsou příměši vypouštěny.

Metodika předpovědi potenciálu znečištění byla pravděpodobně nejdříve vypracována v USA. E. J. Bezuglaja (1) uvádí, že tam byla v letech 1957–1959 používána empirická metodika prognózy, podle níž se pod vysokým potenciálem znečištění rozuměl současný výskyt těchto podmínek:

1. rychlost přízemního větru nižší než 4 m/s;
2. rychlost větru v hladině 500 mb nižší než 12 m/s;
3. subsidence pod hladinou 600 mb;
4. persistence výše uvedených podmínek po dobu alespoň asi 36 hodin.

Na základě těchto (mírně modifikovaných) kritérií vydávala U. S. Public Health Service prognózy vysokého potenciálu znečištění od r. 1960 pro východní a od r. 1963 i pro západní část USA, tedy od r. 1963 tyto předpovědi pokrývaly celé území Spojených států. Podrobnější zprávu o tom podává Leighton (15).

Hlavně po potřeby nemocnice Sv. Bartoloměje v Londýně vydává Londýnské povětrnostní ústředí (London Weather Centre) jednodenní předpovědi potenciálu znečištění ovzduší. Kritéria pro vydání předpovědi vysokého potenciálu znečištění jsou (podle [26]):

1. Očekává se, že v 18.00, 0.00 a 6.00 hodin (předpověď se vydává před 16. hodinou) buď pro mlhu nebude obloha viditelná, nebo množství oblačnosti bude menší než 2 osminy.

2. Očekává se, že průměrná rychlost přízemního větru z termínů 18.00, 0.00 a 6.00 hodin bude menší než 3 uzly a že přízemní rychlost větru v žádném z těchto termínů nepřesáhne 5 uzlů.

3. Index stability S bude roven nebo bude větší než 0.

$$S = 2 T_x T_x - 3 T_n T_n - 12,$$

kde $T_x T_x$ je maximální očekávaná teplota o půlnoci v Crawley v jakékoli hladině až do 900 mb, avšak nikoli u země; $T T$ je předpovězená minimální teplota na jednom z londýnských letišť. Teploty udány ve stupních Celsia.

Předpověď vydaná před 16. hodinou je po půlnoční sondáži v Crawley upřesněna nebo zrušena. Jsou-li splněna kritéria, týkající se oblačnosti a větru, ale index stability je záporné číslo mezi -3 a 0 , upřesní se předpověď takto: „Znečištění může dosáhnout $1000 \text{ mg}/100 \text{ m}^3$ “. Jsou-li splněna všechna tři kritéria, zní upřesňující formulace: „Dnes se očekává znečištění větší než $1000 \text{ mg}/100 \text{ m}^3$ “.

Předpovědi potenciálu znečištění ovzduší jsou již řadu let vydávány pro Poruří a na jejich vývoji se intenzívně pracuje též např. v SSSR a v Polsku.

G. C. Holzworth (10) zavedl pojem „maximální směšovací výška“. Maximální směšovací výška je výška průsečíku suché adiabaty, procházející přízemním denním maximem teploty a teplotního profilu, zjištěného sondáží v době blízké výskytu přízemního minima teploty. Předpokládá se, že tato veličina charakterizuje podmínky rozptylu příměsí. Holzworth (10) vypočítal průměrné hodnoty maximální směšovací výšky pro leden, duben, červenec a říjen a sestavil mapy isolinií průměrné maximální směšovací výšky v těchto měsících pro kontinentální území Spojených států amerických (bez Aljašky). Použití maximálních směšovacích výšek jako charakteristiky potenciálu znečištění ovzduší doznalo značného rozšíření i mimo USA.

Bylo vypracováno také několik metod nepřímého určování vertikální stability ve vrstvě ovzduší, v níž se šíří průmyslové exhalace. Účelem těchto metod je získání informací o vertikálním teplotním zvrstvení přízemní vrstvy na místech, kde není možno teplotní profil zjišťovat přímým měřením. Podkladem pro klasifikaci stability podle těchto metod jsou výlučně meteorologické parametry, zjišťované na řadových stanicích, které provádějí pouze pozemní měření. Patří sem metoda F. Pasquilla (20), F. Pasquilla a D. B. Turnera (28), (29), S. Uhli- ga (31), W. Kluga (13) a jiné.

Společnou vlastností všech těchto metod je, že vycházejí z úvah o vztazích mezi radiační bilancí zemského povrchu a rychlostí větru na jedné straně a teplotním zvrstvením na druhé straně. Naproti tomu je v nich zcela zanedbán vliv advekce na teplotní zvrstvení. Jako příklad těchto navzájem velmi podobných metod uvedu popis metody Pasquilla a Turnera (28), která je jednou z nej- jednodušších.

Pasquillova a Turnerova metoda klasifikace stability podle hodinových pří- zemních meteorologických pozorování je naprosto objektivní, takže určení stupně stability může provádět i samočinný počítač. Podle této metody se každé hodině přiřadí jeden ze sedmi stupňů stability:

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Extrémně instabilní | 4. Neutrální |
| 2. Instabilní | 5. Mírně stabilní |
| 3. Mírně instabilní | 6. Stabilní |
| | 7. Extrémně stabilní |

Určení stupně stability sestává ze dvou kroků. Prvním z nich je určení indexu záření, který může nabývat hodnot celých čísel od 4 (při největší intenzitě vzařování do -2 (při největší intenzitě vyzařování) podle těchto pravidel:

- I. Je-li množství oblačnosti 10/10 a základna oblaků leží pod 2 500 m, je index záření roven 0 (ve dne i v noci).
třídě insolace, určené podle předchozího bodu.
- II. V noci (od západu do východu slunce):
 - a) Je-li množství oblačnosti 4/10 nebo méně, je index záření roven -2 .
 - b) Je-li množství oblačnosti větší než 4/10, index záření je roven -1 .
- III. Ve dne (od východu do západu slunce):
 - a) Určí se tzv. třída insolace jako funkce výšky Slunce² podle tabulky 2.

Tab. 2. Tabulka pro stanovení třídy insolace podle výšky slunce nad obzorem. Tabulka se používá při nepřímé klasifikaci teplotního zvrstvení ovzduší podle metody Pasquilla a Turnera.

(úhlové stupně) Výška Slunce	Více než 60	35—60	15—35	Méně než 15
Třída insolace	4	3	2	1

- b) Je-li množství oblačnosti menší nebo rovno 5/10, je index záření roven třídě insolace, určené podle předchozího bodu.
- c) Je-li množství oblačnosti větší, než 5/10, určí se index záření podle těchto pravidel:
 1. Základna oblačnosti je níže než 2500 m — index záření je roven třídě insolace, zmenšené o 2.
 2. Základna oblačnosti je nad nebo ve výšce 2 500 m, ale pod 5 000 m — index záření je roven třídě insolace, zmenšené o 1.
 3. Množství oblačnosti je 10/10 — index záření je roven třídě insolace, zmenšené o 1. Tohoto pravidla se použije jen při základně oblačnosti ve 2 500 m nebo výše, protože na případy s množstvím oblačnosti 10/10 a se základnou níže než 2 500 m se vztahuje bod I.
 4. Není-li možno určit index záření podle bodů 1., 2. a 3., je index záření roven třídě insolace.
 5. Je-li podle bodů 1., 2. a 3. určen index záření menší než 1, opraví se hodnota indexu záření na 1.

Druhým krokem je určení třídy stability jako funkce indexu záření a rychlosti větru (měřené ve standardní výšce, tj. 10 m nad zemí) podle tabulky 3.

Z tohoto popisu Pasquillovy-Turnerovy metody nepřímé klasifikace stability je zřejmé, že v denních hodinách může být stabilita klasifikována pouze stupni 1.—4. (extrémně instabilní až neutrální) a v nočních hodinách stupni 4.—7. (neutrální až extrémně stabilní). Podobně je tomu i u všech ostatních výše jmenovaných metod klasifikace stability na základě přízemních měření.

2) Tabulka, udávající pro 50° severní zeměpisné šířky výšku slunce v závislosti na denní a roční době je např. v knize V. Stružky „Meteorologické přístroje a měření v přírodě“ (Praha, 1956).

Tab. 3. Tabulka pro stanovení třídy stability podle indexu záření a rychlosti větru. Tabulka se používá při nepřímé klasifikaci teplotního zvrstvení ovzduší podle metody Pasquilla a Turnera.

Rychlost větru (v uzlech)	Index záření						
	4	3	2	1	0	-1	-2
0, 1	1	1	2	3	4	6	7
2, 3	1	2	2	3	4	6	7
4, 5	1	2	3	4	4	5	6
6	2	2	3	4	4	5	6
7	2	2	3	4	4	4	5
8, 9	2	3	3	4	4	4	5
10	3	3	4	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
12 a více	3	4	4	4	4	4	4

Klugova metoda (13) je pozoruhodná tím, že se v ní bere zřetel na výšku zdroje exhalací. Klugovou snahou nebylo pouze odhadnout teplotní zvrstvení, ale klasifikovat podmínky šíření exhalací z přízemních, nízkých, středních a vysokých zdrojů.

Uhligovy metody klasifikace stability podle přízemních měření a pozorování (31) použil J. Šoltís pro potřeby časové regulace emise radioaktivních exhalací jaderné elektrárny v Jaslovských Bohunicích (27).

5. Z á v ě r

V tomto pojednání a v článku (25), který s ním tematicky souvisí pochopitelně nebylo možno vyčerpat klimatologickou problematiku znečištění ovzduší v celém jejím rozsahu. Čtenář, který se o klimatologické otázky ochrany ovzduší zajímá hlouběji — a jemuž tento příspěvek snad poslouží jako úvod do studia — nalezne některé další informace v citované literatuře. Nezbytným podkladem pro hlubší literární rešerši však jsou referátové časopisy, zejména ty, které jsou specializovány na otázky znečištění ovzduší. Jsou to především NAPCA Abstract Bulletin (USA), Air Pollution Abstracts (V. Británie) a některé sekce bulletinu Referativnyj žurnal (SSSR).

Literatura

1. BEZUGLAJA E. J.: K opreděleniju potenciala zagriznennija vozducha. Trudy Glavnoj geofizičeskoj observatorii imeni A. I. Voejkova, vypusk 234, 1968, s. 65—69.
2. BOETTGER C. M.: Air Pollution Potential East of the Rocky Mountains: Fall 1959. Bulletin of American Meteorological Society, Vol. 42, 1961, 9, s. 615—620.
3. DICKSON R. R.: Meteorological Factors Affecting Particulate Air Pollution of a City. Bulletin of American Meteorological Society, 1961, 8, 556—560.
4. EAST C.: Urban Heat Island and SO₂ Concentrations: An Air Pollution Project at Université de Montréal. Proceedings of the USAEC Meteorological Informative Meeting Held at Chalk River Nuclear Laboratories September 11—14, 1967, s. 271 — 274. [Rozmnoženo.]
5. EAST C.: Temperature and SO₂ profiles in Montreal. Third National Congress, Canadian Meteorological Society, Toronto, May 27—29, 1969. Separátní elaborát — pravděpodobně předběžná forma přednášky. 16 s. [Rozmnoženo.]

6. EFFENBERGER E., LINDNER A.: Die Anwendung moderner Methoden der Mathematischen Statistik zur Bearbeitung von Messreihen über den Verunreinigungsgrad der Luft. *Annalen der Meteorologie*, Bd. 7, 1955—1956, s. 342—352.
7. GEORGII H. W., DOMMERMUTH H., WEBER E.: Untersuchung der SO_2 — Konzentrationsverteilung einer Grosstadt in Abhängigkeit von meteorologischen Einflussgrößen. *Berichte des Institutes für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main*, 1968, 14. 54 s.
8. GEORGII H. W., HOFFMANN L.: Beurteilung von SO_2 — Anreicherungen in Abhängigkeit von meteorologischen Einflussgrößen. *Staub — Reinhaltung der Luft*, 1966, 12, s. 511—513.
9. HAŠEK M.: *Čistota ovzduší*. Praha, Práce, 1968. 181 s.
10. HOLZWORTH G. C.: Estimates of Mean Maximum Mixing Depths in the Contiguous United States. *Monthly Weather Review*, 1964, 5, s. 235—242.
11. HÖSCHELLE K.: Der zeitliche Verlauf und die örtliche Verteilung der SO_2 — Konzentrationen in einem Stadtgebiet mit einer Analyse der Einflussgrößen. *Meteorologische Rundschau*, 1966, 1, s. 14—22.
12. KANNO S aj.: Atmospheric SO_2 Concentrations Observed in Keihin Industrial Center and their Relation to Meteorological Elements. *International Journal of Air Pollution*, Vol. 1958—1959, s. 334—340.
13. KLUG W.: Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen aus synoptischen Beobachtungen. *Staub — Reinhaltung der Luft*, 1969, 4, s. 143—147.
14. KRATZER P. A.: *Klimat goroda. Moskva*, Izdatelstvo inostrannoj literatury, 1958. 239 s.
15. LEIGHTON P.: Geographical Aspects of Air Pollution. *The Geographical Review*, New York, 1966, 2, s. 151—189.
16. McCORMICK R. A.: Air Pollution Climatology. In: *Air Pollution* (edited by A. C. Stern), Vol. I (s. 275—321). New York, Academic Press, 1968. 694 s.
17. MUNN R. E.: The Application of an Air Pollution Climatology to Town Planning. *International Journal of Air Pollution*, 1969, 1, s. 51—76.
18. MUNZAR J.: Příspěvek ke studiu klimatu průmyslové oblasti severozápadních Čech ve vztahu k znečištění ovzduší. Rigorózní práce obhájená a uložena na přírodovědecké fakultě University J. E. Purkyně v Brně (katedra geografie), 1969, 110 s. (Rukopis.)
19. PARCZEWSKI W.: Klasifikace rozmezí rychlosti větru v klimatických a bioklimatických pracích. *Meteorologické zprávy*, 1961, 6, s. 148—149. Obsahově shodné s: PARCZEWSKI W., Nowa klasyfikacja przedziałów prędkości wiatrów dla opracowań klimatycznych i bioklimatycznych. *Wiadomości uzdrowskowe*, 1961, 1—2, s. 111—115.
20. PASQUILL F.: The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. *Meteorological Magazine*, 1961, 1063, s. 33—49.
21. REIN F.: Základní vlastnosti velmi stabilní mezní vrstvy v severozápadních Čechách. Výzkumná zpráva Ústavu fyziky atmosféry ČSAV, Praha, 1965. 36 s. (Rozmnoženo.)
22. SCORER R. S.: *Air Pollution*. Oxford, Pergamon Press, 1968. 151 s.
23. SLÁDEK I.: Períody stoupající a klesající koncentrace SO_2 a vztah větru a obsahu SO_2 v ovzduší Prahy. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 1969, 4, s. 321—338.
24. SLÁDEK I.: Příspěvek k poznání denního režimu znečištění ovzduší SO_2 v Praze. *Meteorologické zprávy*, 1967, 3—4, s. 99—101.
25. SLÁDEK I.: Klimatologické aspekty znečištění ovzduší. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 1971, s. 96—107.
26. Standing Instruction No. M. 213/67. Warnings of Atmospheric Pollution — London Area. Fotokopie strojopisu směrnice vydané v Meteorological Office, Bracknell, 1967. 1 s.
27. ŠOLTIS J.: Vypracovanie metodiky na určenie koncentrácie exhalácií v okolí elektrárne A 1 za jednotlivých typov počasia. Výzkumná zpráva pobočky HMÚ Bratislava, 1966. 110 s. (Rukopis.)
28. TURNER D. B.: Relationships between 24-hour Mean Air Quality Measurements and Meteorological Factors in Nashville, Tennessee. *Journal of Air Pollution Control Association*, 1961, s. 483—489.
29. TURNER D. B.: A Diffusion Model for an Urban Area. *Journal of Applied Meteorology*, 1964, 1, s. 83—91.

30. UBL Z.: Složení srážkových vod v závislosti na znečištění ovzduší. In: III. celostátní bioklimatologická konference v Praze 4.—7. 10. 1961 — sborník dokumentů (s. 193—206). Praha, Nakladatelství ČSAV, 1963. 429 s.
31. UHLIG S.: Bestimmung der Stabilitätsgrade der Luft an Hand von Wettermeldungen. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 35/5/65, 1965. 10 s.

EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON AIR POLLUTION

This paper deals with relationship between air pollution and meteorological factors, especially wind speed and wind direction, vertical temperature profile and precipitations. It contains also short information about the methods of determining so called air pollution potential and about the short — term forecasts of atmospheric pollution. A few processes occurring in different parts of the world which are known to cause unfavorable temperature stratification are described. This paper is a continuation of the article Climatological Aspects of Air Pollution published in previous issue of the Journal of the Czechoslovak Geographical Society.