

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

K. Bayer

Meteorologie jako fyzika atmosféry a klimatologie jako neoddělitelná součást meteorologie

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 6 (1961), No. 5, 273--282

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138114>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1961

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

ných stavů. Z přehledu je však zřejmé, že velmi brzy dala neobyčejně závažné informace o vnitroatomárních magnetických polích. Je do jisté míry překvapením, že dává informace o elektrických polích v krystalu a jejich interakcích s jádry, že s její pomocí byly řešeny problémy z oblasti teorie relativity a gravitace, problémy krystalové fyziky a mnohé další otázky. Jen velmi málo objevů mívá v poměrně krátké době takové uplatnění.

Mössbauerův objev ležel, jak se v historii vědy stalo už mnohokrát, na dlani po několik desetiletí a mohl být učiněn již dávno. Od DEBYEHOVA-WALLEROVA faktoru vedla k němu přímá cesta. Další popud mohl již dávno vzejít ze studia rozptylu neutronů na krystalech. Mössbauerova zásluha záleží především v tom, že se dovedl oprostít od vžitě představy přenosu energie při emisi kvanta γ pouze na jedno jádro, a v tom, že svou představu ihned prokázal experimentem. Je zajímavé poznamenat, že v období několika let je to po objevu zákona nezachování parity již druhý případ, kdy vžitě představy bránily provést experimenty, k nimž byla experimentální technika zralá již před dlouhou dobou. U zákona nezachování parity touto překážkou byl názor o naprosté symetrii mikrosvěta vyjádřen mimo jiné především v čtyřkomponentové DIRACOVĚ rovnici neutrina. Tato rovnice byla zábranou v názoru, že by záření β mohlo být polarizované; nikoho nenapadlo provést nejzákladnější experimenty v tomto směru. Nejsou tyto případy dokladem, že je třeba neustále prověřovat nejzákladnější představy, které máme o dějích v mikrosvětě?

Literatura*)

- [1] R. MÖSSBAUER, Zeitschrift f. Physik 151 (1958) 124.
[2] F. L. ŠAPIRO, Uspěch. fyz. nauk 72 (1960) 685.

METEOROLOGIE JAKO FYZIKA ATMOSFÉRY A KLIMATOLOGIE JAKO NEODDĚLITELNÁ SOUČÁST METEOROLOGIE

KAREL BAYER, Praha

ÚVOD

Meteorologie jakožto samostatný vědní obor zabývající se studiem zemské atmosféry prochází v posledních desetiletích prudkým vývojem. Rozvoj metodiky pozorování, konstrukce nových přístrojů — především pro aerologická měření —, organizace meteorologických měření v celosvětovém měřítku, rozvoj teoretických metod, konstrukce matematických modelů atmosféry a jejich užití v prognóze barického nebo proudového pole pomocí nejvýkonnějších počítačích strojů, to vše vede k tomu, že se rychle mění i obsah pojmu meteorologie.

METEOROLOGIE V ŠIRŠÍM SLOVA SMYSLU

Dnes se používá termínu meteorologie ve dvou významech. *Meteorologii v širším slova smyslu se rozumí fyzika atmosféry. To je základní skutečnost, která do nedávna nebyla vždy zřejmá a všeobecně známá. Meteorologie v této*

*) Autorův přehled literatury (celkem 29 prací) byl podle redakčních zvyklostí podstatně zkrácen; redakce je však ochotna zaslat zájemcům původní seznam literatury.

podobě je totiž vědou velmi mladou. Začíná v podstatě synoptickými a teoretickými pracemi vídeňské školy, berlínských meteorologů a norské školy na začátku 20. století. Teprve od této doby se výrazně prohlubuje spojení s fyzikou a meteorologie se stává exaktní vědou. Ponechme stranou starověké úvahy o povětrnostních jevech, jakou byla Aristotelova „Meteorologika“, meteorologická pozorování starověká i počátky měření novověkých ze 17. století. I první systematické meteorologické práce a první zákony a teoretické výklady z 18. a 19. století mají ještě daleko do exaktních kvantitativních vyjádření. V době již vybudované klasické mechaniky a plného rozvoje dalších fyzikálních odvětví shromažďuje meteorologie teprve výsledky pozorování, odvozuje většinou jen kvalitativní zákonitosti a začíná se pokoušet o první popisy souvislostí jevů. Je to pochopitelné nejen proto, že fyzikální zákonitosti atmosférických pochodů jsou nesmírně komplikované a meteorolog nemá možnost takového experimentu jako fyzik v laboratoři, který může ponechat některé z působících činitelů konstantními nebo je vyloučit a sledovat zbývající, ale také proto, že meteorologický výzkum je z velké části též záležitostí organizační. Laboratoří meteorologa je celá atmosféra, v poměru k horizontálním rozměrům „tenká“ vrstva směsi plynů (převážná část hmoty atmosféry se nachází mezi zemským povrchem a výškou 20 až 30 km nad hladinou moře), která je v neustálém pohybu a změně. Experiment zde musí být nahrazen pozorováními a měřeními na husté síti stanic na celé Zemi, konanými ve stejném časovém okamžiku. Nestačí však jen pozorování při zemi. Je třeba měřit i ve výši a je dobře známo, že teprve po II. světové válce vznikla hustší síť aerologických stanic, provádějících pravidelná měření. Uvedomíme-li si, jaký obrovský celosvětově organizovaný aparát se dnes stará o provádění meteorologických měření, jejich ekonomické zpracování a publikaci, pak musíme hledět s úctou na nesmírnou práci průkopníků meteorologie z konce minulého a počátku 20. století, kteří bez jakýchkoliv počítačích a statistických strojů zpracovávali výsledky pozorování a z tohoto — tehdy tak skrovného — materiálu, odvozovali první zákonitosti a zákony atmosférických dějů, zákonitosti, které se staly základem dnešní meteorologie. Fyzikální postižení atmosférických pochodů je dalším nesmírně obtížným úkolem. Není možno ani na okamžik zastavit obrovský „atmosférický stroj“, aby se objevil jeho mechanismus. Neustává přísun sluneční energie, pohánějící tento „stroj“, neustále probíhají transformace této energie, vznikají rozdíly různým ozáření různých zeměpisných šířek a rozdíly způsobené nehomogenitou zemského povrchu. Atmosférické proudění neustále podléhá dynamickým změnám.

Ve zmíněném stále bouřlivějším vývoji meteorologie posledních desetiletí se objevují stále nové teorie a poznatky, některé rychle stárnou, překonávány dalšími objevy, ale zůstává a neustále zřetelněji se objevuje hlavní problém meteorologie: kvantitativní analýza stavu a pohybu atmosféry, založená na fyzikálních zákonech. Hlavním úkolem meteorologie, k němuž musí řešení tohoto problému směřovat, je vysvětlení fyzikálních dějů v atmosféře. Je zřejmé, že vyřešení tohoto úkolu bude mít okamžitě za následek vyřešení otázky meteorologické předpovědi. Je to situace obdobná jako v celé fyzice a ve vědě vůbec. Znalost zákonitostí dává možnost předvídaní. Nejznámějším a nejčastěji uváděným příkladem je historie objevení planety Neptuna.

Dostali jsme se zde k otázce meteorologické prognózy. V meteorologii je třeba si otázky předpovědi zvláště všimnout. Je nutno uvědomit si rozdíl mezi meteorologií jakožto vědou, usilující o vysvětlení fyzikálních dějů v atmosféře,

a mezi povětrnostní službou, vydávající předpovědi počasí na určitou dobu dopředu. Můžeme říci, že pro meteorologii bylo do jisté míry tragédií, že byla přinucena vydávat a zveřejňovat předpovědi v době, kdy stav jejích znalostí o atmosféře ještě naprosto nedovoloval s jistotou předpovídat (odmyslíme-li si ovšem skutečnost, že snaha předpovědět zhoubné povětrnostní jevy byla jistě jednou z nejmocnějších pohnutek k výzkumu jevů v atmosféře). Nikdo se dnes např. nepozastaví nad tím, že teprve dnes seismologové mohou s jistotou pravděpodobností předpovědět půl roku dopředu přibližný počet zemětřesení, aniž by ovšem určili postižené místo a intenzitu. Ale prakticky každý dnes stíhá posměškem neúspěchy povětrnostní předpovědi. Třebaže se jedná o výsměch z naproste neznalosti a neinformovanosti a přestože ve skutečnosti procento neúspěšných předpovědí — především krátkodobých — není zdaleka tak vysoké, aby opravňovalo k podceňování meteorologie, je nutno přiznat, že neúspěšné předpovědi do značné míry zdiskreditovaly meteorologii v očích veřejnosti. Platí to zvláště o poměrech u nás, jak o tom svědčí např. zveřejňování povětrnostních zpráv naší televizí způsobem, který není hoden úrovně kulturního národa, zatímco téměř ve všech zemích majících televizní systém na přibližně stejné úrovni jsou denně vysílány synoptické povětrnostní mapy s odborným výkladem. Teprve v nynější době začala také naše televize s podobným vydáváním meteorologických předpovědí, avšak velmi nešťastným způsobem. Pouze jednou týdně jsou vysílány předpovědi na tři dny dopředu, tedy poměrně na dlouhé období, uvážíme-li ještě navíc, že příprava relace vyžaduje též určité doby. Denní předpovědi však stále připomínají spíše vysílání pro nejmenší. Lidé si neuvědomují, že žádná jiná věda není takovým způsobem nucena zveřejňovat ne snad jen výsledky svého výzkumu, ale přímo předpovědi, tedy poslední fázi vědecké práce, předpokládající již dokonalé poznání všech dějů. Zatímco jiné vědní obory se pouze pochlubí kladnými výsledky a jen občas uvedou příklad správné předpovědi, je meteorologie — jeden z nejobtížnějších fyzikálních oborů — nucena neustále, denně zveřejňovat své prognózy bez ohledu na složitost povětrnostních situací. Požadavky nejružnějších odvětví národního hospodářství na meteorologické předpovědi vedly ve všech státech k vybudování povětrnostních služeb — rozsáhlého aparátu, který se zabývá vydáváním meteorologických předpovědí a řešením dalších úkolů meteorologické praxe. Je pochopitelné, že tyto provozní služby zůstávají poněkud pozadu za základním meteorologickým výzkumem, který naopak musí mít určitý předstih. Tato diference mezi stavem základního výzkumu a meteorologickým provozem činí někde 10 až 15 let, jinde ještě více. Je ovšem třeba, aby tato diference nepřekračovala určitou mez. Je na jedné straně zapotřebí, aby meteorologické služby zaváděly do provozu nové metody a výsledky základního meteorologického výzkumu, a na druhé straně znamená pro základní výzkum zavedení nových metod do provozu v meteorologické službě (nejdříve ve zvláštních odděleních provozního výzkumu) ověřování správnosti nových výsledků, tedy praktické ověřování teorie. Cílem, k němuž směřuje meteorologická praxe, je početní meteorologická předpověď v širším slova smyslu, tj. nejen krátkodobá a středně dlouhodobá předpověď počasí, ale i určité klimatologické předpovědi dlouhodobějšího rázu. Není náhodné, že problém početní předpovědi počasí je řešen až v těchto letech. Na základní formulaci tohoto problému stačila genialita V. BJERKNESA; jeho řešení však vyžadovalo mimo jiné, aby bylo dosaženo i určité potřebné úrovně v matematice a teoretické fyzice a v neposlední řadě

i v technice, která dovoluje použití samočinných počítačů, event. v budoucnu i umělých družic Země.

Je pochopitelné, že meteorologie jako samostatná fyzikální věda zasahuje a stýká se v některých bodech s řadou dalších vědních oborů. Nejedná se jen o ostatní geofyzikální odvětví, sdružená dnes v Mezinárodní unii geodetické a geofyzikální a studující z různých hledisek Zemi. Výsledků meteorologie zkoumající prostředí, v němž se prakticky odvíjí veškerý život a činnost lidí na Zemi, používá nutně řada dalších oborů, od lékařství, biologie a zemědělství přes zeměpis (pro nějž např. klima představuje důležitý faktor geografického prostředí) až po astronomii a technické obory. V samotné meteorologii se dostává např. v poslední době do popředí studium chemismu atmosféry, kde se používá metod fyzikální chemie. Je však zřejmé, že existence těchto styčných bodů s celou řadou jiných vědních oborů nemůže nic měnit na skutečnosti, že *meteorologie jako celek*, vzhledem ke svému vlastnímu vývoji, metodám, předmětu výzkumu a cíli, je zcela samostatnou fyzikální vědou, stručně řečeno, je skutečnou *fyzikou atmosféry*.

Meteorologie v tomto širším pojetí se dělí na dvě odvětví: *meteorologii v užším slova smyslu a klimatologii*. Každé z těchto dvou odvětví meteorologie zkoumá děje v zemské atmosféře pod jiným aspektem.

METEOROLOGIE V UŽŠÍM SLOVA SMYSLU

Meteorologie v užším slova smyslu se zabývá především jedním, zcela určitým konkrétním dějem. Snaží se popsat a fyzikálně vysvětlit takový děj, jakým je například cyklogeneze. Studuje např. děje odehrávající se v určité části atmosféry v několika konkrétních dnech, snaží se je fyzikálně kvantitativně popsat, to jest nalézt matematické vyjádření těchto dějů, a zjistit kauzální souvislosti. Stejným způsobem zkoumá děje odehrávající se v téže části atmosféry v jiných konkrétních dnech a pak i v jiných částech atmosféry, rozprostírajících se např. nad jinou částí zemského povrchu, odlišnou tvarem a vlastnostmi. Je zřejmé, že toto odvětví meteorologie hledá na základě studia konkrétních pochodů obecné fyzikální zákonitosti, kterým podléhají děje v zemské atmosféře, a snaží se vyjádřit je matematicky. Mlčky pak přijímá samozřejmý předpoklad, že kdykoli se vyskytnou v atmosféře naprosto stejné výchozí podmínky, bude děj probíhat stejně.

Výše popsaný postup meteorologického výzkumu není ovšem jedinou možnou metodikou v tomto odvětví meteorologie. Naším úmyslem bylo pouze naznačit čistě užší meteorologický postup, jakého bychom použili např. při zmíněném výzkumu problému cyklogeneze. Při řešení jiných problémů ovšem může být zapotřebí výzkumu v rozměrech větších, např. hemisférických. Není tedy pro meteorologický výzkum v užším slova smyslu podstatné a typické prostorové měřítko.

Je třeba ovšem dodat, že výše uvedený předpoklad výskytu naprosto stejných počátečních podmínek pro určitý děj v atmosféře, není v praxi nikdy splněn. Ohromné množství činitelů působících na atmosférické děje dává možnost nesmírného počtu kombinací a způsobuje, že v reálné atmosféře se nikdy nevykytují naprosto stejné povětrnostní situace, nýbrž pouze situace podobné. Větší či menší odchylky v počátečních podmínkách způsobují pak větší či menší odchylky ve výsledných situacích.

Musíme si být zároveň vždy vědomi, že meteorologie jako celek, tedy v onom širším pojetí, je přírodní vědou; nestuduje nějakou vymyšlenou atmosféru, ale

skutečný plynný obal Země, který podléhá tolika vlivům, v němž se obráží působení takového množství nejrůznějších faktorů, že postižení *všech* těchto činitelů je nemožné. Ono hledané, nalezené a neustále opravované matematické vyjádření nepopisuje nikdy beze zbytku chování skutečné atmosféry, nýbrž určité ideální atmosféry, která se více nebo méně podobá atmosféře skutečné. Všechna matematická vyjádření a řešení jsou proto vždy aproximacemi skutečnosti, neboť zachycují vždy jen nejdůležitější, nejučinnější působící faktory (a ještě ne vždy všechny). Z této skutečnosti však vyplývá i nezbytnost tohoto postupu, totiž vytváření matematických modelů v meteorologii. Je to cesta, dovolující nám určit *velikost* působících faktorů, a tedy i jejich důležitost pro výsledný stav. Je to tedy cesta, umožňující oddělovat podstatné od nepodstatného a odkrývat kauzální fyzikální spojitosti jevů.

Je zřejmé, že výsledky právě popsaného meteorologického výzkumu vedou přímo k jednomu z praktických cílů meteorologie, o němž jsme se již zmínili — k početní předpovědi počasí. Poznání fyzikálních zákonitostí a jejich matematické vyjádření umožňuje objektivně předpovědět stav určité části atmosféry na určitou dobu dopředu. Kvalita předpovědi pak závisí, vedle dalších faktorů, na tom, do jaké míry se shodují děje popisované matematickým modelem s ději ve skutečné atmosféře.

KLIMATOLOGIE

Při výzkumu metod početní předpovědi stavu atmosféry i jiných problémů, kterými se zabývá meteorologie v užším slova smyslu, přijdeme však velmi brzy na to, že studovat *pouze* obecné zákonitosti z jednotlivých konkrétních situací nestačí k vyřešení daných problémů. Např. výše zmíněné odchylky při utváření povětrnostních situací mohou být příčinou toho, že dvě velmi podobné situace mohou být výchozím stavem pro zcela odlišný vývoj atmosférických pochodů. Je třeba si všimnout, jakým způsobem se *nejčastěji* vyvíjejí atmosférické děje, nastane-li určitá situace. Je nutno zkoumat, zda se nevyvíjejí různé v různých ročních obdobích, je třeba statisticky sledovat a zhodnotit děje, které se až na malé odchylky opakují. Je zapotřebí si všimnout i těchto odchylek, jejich velikosti, směru i toho, jak často se vyskytují. Zároveň je nutno hledat příčiny opakování i příčiny odchylek. Kromě toho je však také nezbytné všimnout si atmosférických jevů, které zůstávají téměř konstantní nebo se mění periodicky, např. s chodem ročních období. Takovým jevem jsou subtropické anticyklony, které se vyskytují neustále ve stejné oblasti, často dlouhou dobu téměř nemění polohu a velikost, jindy nakrátko téměř mizí a neustále se opět obnovují a přitom se mění se změnou ročních období. Nestačí popsat všechny tyto děje, je právě tak nezbytné hledat jejich fyzikální vysvětlení. Celou touto širokou problematikou se zabývá druhé odvětví meteorologie v širším pojetí — *klimatologie*.

Klimatologie se tedy zabývá dlouhodobými ději, dlouhodobě působícími faktory a opakováním některých krátkodobých dějů v atmosféře nebo vůbec opakujícími se atmosférickými pochody. Zatímco meteorologa v užším pojetí zajímá dokonalé fyzikální vysvětlení samotného děje (např. zmíněné cyklogeneze), je typickou prací klimatologa např. otázka, jak často se děj vyskytuje v průběhu roku v jednotlivých ročních obdobích. Meteorologa v užším slova smyslu zajímají příčiny vedoucí k výskytu jevu samotného, klimatologa příčiny toho, že jev je např. nerovnoměrně rozložen v sezónách. Z toho, co již bylo

řečeno, je zřejmé, že dnešní klimatologie vedle svých specifických metod výzkumu (projevujících se např. ve speciálních formálních nebo přirozených časových měřítkách od dělení na pentády a dekády až po geologické epochy, užívané v paleoklimatologii) používá a je nutně nucena ve stále větší míře používat metod a výsledků meteorologie v užším slova smyslu. Totéž však platí i o tomto prvním odvětví meteorologie v širším pojetí. Nejen výzkum početní předpovědi počasí, ale i dalších meteorologických problémů není dnes myslitelný bez důkladného výzkumu klimatologického. V dnešním opravdu bouřlivém rozvoji meteorologie — fyziky atmosféry se meteorologie v užším slova smyslu (pro niž byl FLOHNEM ražen název *meteoronomie* pro její exaktní charakter) a klimatologie neustále k sobě přibližují. Není dnes myslitelná existence a další vývoj jednoho tohoto odvětví bez druhého. V celé řadě společných problémů mizí prakticky úplně hranice mezi těmito dvěma odvětvími. Dnes přestávají existovat otázky „čistě“ klimatologické nebo „čistě“ meteorologické v užším slova smyslu. Dnešní problémy výzkumu atmosféry je třeba řešit z obou hledisek současně.

Názorným příkladem pro splývání „meteoronomie“ a klimatologie je otázka všeobecné cirkulace atmosféry. Jak napovídá již slovo „všeobecné“, jde o postžení nejobecnějšího cirkulačního mechanismu na rotujícím zemském tělese. V prvním přiblížení vůbec není nutné uvažovat geografický povrch. Podobným zákonitostem, jakým podléhá zemská atmosféra, by podléhala i stejná atmosféra na homogenní hladké kouli řádové velikosti zemského tělesa. V dalším přiblížení pak rozdíly mezi kontinenty a oceány a výškové rozdíly na zemském povrchu takové základní výchozí cirkulační poměry určitým způsobem modifikují. Podstatnými faktory mechanismu všeobecné cirkulace tedy jsou: různé ozáření různých zeměpisných šířek sluncem (jinými slovy různá dodávka energie různým šířkám), periodické změny tohoto ozáření při pohybu Země na dráze kolem Slunce, uchylující síly, vznikající zemskou rotací, a nehomogenita povrchu. Je to tedy problém „čistě“ klimatologický, a přece je jeho řešení nemožné bez teoretických a početních metod meteorologie v užším slova smyslu, a naopak bez jeho vyřešení je nemožné konečné řešení problému početní předpovědi počasí.

Proces stálého přibližování a dnešního splývání obou velkých meteorologických odvětví probíhá současně s rychlým rozvojem meteorologie v širším slova smyslu, o němž jsme mluvili na začátku. V minulém století a ještě na začátku století dvacátého byly meteorologie a klimatologie prakticky dva samostatné a oddělené, i když spřízněné vědní obory. Zatímco meteorologie byla považována spíše za vědu teoretizující, byla klimatologie převážně vědou popisnou. Klimatologie bývala označována za geografickou část meteorologie a někdy byla dokonce přímo zařazována jako součást zeměpisu. Z tehdejšího stavu vědy vyplývalo takové pojetí zcela logicky. Vždyť předmětem klimatologického výzkumu byla tehdy opravdu jen část geografického prostředí, které zeměpis studuje, a metodika výzkumu odpovídala metodice geografie. Tehdy se ovšem pod klimatologií rozuměla jen jakási „regionální klimatologie“, kterou však nemůžeme ztotožňovat se stejně nazývanou částí dnešní klimatologie. Podněbí nějakého místa nebo oblasti bylo charakterizováno jistým „průměrným stavem atmosféry“, jak to odpovídalo tehdejší definici klimatu.

Třebaže největší učenci té doby, jakým byl např. ALEXANDER VON HUMBOLDT, si byli vědomi, že klimatologie je mnohem více než jen tabulky průměrných hodnot, chyběl materiál a metodika, umožňující konstrukci matematických klimatických modelů. Tuto chybějící metodiku a materiál dává dnes klima-

tologii meteorologie v užším slova smyslu. Od zmíněných synoptických a teoretických prací vídeňské školy, berlínských meteorologů a norské školy, o nichž byla řeč na začátku, vede cesta k pracím chicagské školy ROSSBYHO, Ústavu fyziky atmosféry AN SSSR, ke studiím Mezinárodního meteorologického ústavu ve Stockholmu a dalších. Materiál umožňující např. konstrukci trojrozměrných matematických modelů cirkulačních poměrů v průběhu roku dodává síť přzemních a aerologických stanic, celosvětově organizovaná.

Dnešní klimatologie je tedy daleko širším odvětvím, než byla jakási „geografická meteorologie“ v minulém století. Klimatologické zpracování výškových měření dalo např. vzniknout odvětví aeroklimatologie, která dodává podklady pro konstrukci matematických modelů klimatu. To ovšem neznamená, že by se pouze mechanicky připojovala další klimatologická odvětví. Podstatné je, že se zásadně změnilo celé pojetí klimatologie. Namísto *popisu* průběhu jednotlivých elementů na nějakém místě nebo v určité oblasti v průběhu roku nebo v delších periodách nastoupila snaha o postihu a *fyzikální vysvětlení* dlouhodobého mechanismu atmosférických dějů, snaha o kvantitativní vyjádření atmosférických pochodů především v přirozené roční periodě v souvislosti s oběhem Země na dráze kolem Slunce. Cílem klimatologie se tedy stalo podobně jako v případě meteorologie v užším slova smyslu vytvoření určitého matematického klimatického modelu. Tato změna pojetí celého klimatologického výzkumu měla za následek, že se dřívější popisná „geografická klimatologie“ vyvinula v nedílnou součást moderní klimatologie — v regionální klimatologii. Tento vývoj se nejlépe obráží ve srovnání dřívějšího pojmu klimatu a dnešní definice klimatu nějakého místa. Je to vývoj, směřující od geografického pojetí k pojetí fyzikálnímu — meteorologickému, od popisu k matematickým modelům klimatu.

Skutečnost, že se zcela uvolnilo dřívější úzké sepětí klimatologie s geografii, že klimatologie byla zcela postavena na fyzikální základ a stala se nedílnou součástí meteorologie v širším slova smyslu, však nikterak neznamená, že klimatologie nemá s geografii naprosto nic společného. Můžeme říci, že s ní má právě tolik společného jako meteorologie v užším slova smyslu a i řada jiných vědních oborů. Plyne to z faktu, že povětrnostní děje se ve skutečnosti neodehrávají nad ideálním homogenním povrchem, nýbrž nad skutečným zemským povrchem, který musí být brán v úvahu, protože především rozdíly mezi oceány a kontinenty a výškové rozdíly terénu na kontinentech hrají nezanedbatelnou úlohu při atmosférických dějích. Na druhé straně je však třeba vidět, že klimatologie se odloučila od geografie a opřela o fyziku právě tak zákonitě, jako to učinila v minulosti geofyzika a v současné době činí oceánografie. Tato skutečnost nastala z potřeby vdělby práce na poli vědy.

O „výpočtu klimatu“ nějaké větší oblasti platí totéž, co bylo již řečeno o numerické prognóze na kratší období. Vždy se bude jednat pouze o určitý model, aproximující více či méně dobře skutečnost. V obou případech jde však pouze o výpočet *některých* fyzikálních vlastností atmosféry, především o konfiguraci tlakového pole a pole větru. To však ještě není ani počasí na daném místě nebo v dané oblasti, ani ve druhém případě klima místa nebo většího území. Vlastní počasí i klima je daleko komplikovanější a je podstatně ovlivněno zemským povrchem, jeho různorodostí a výškovými rozdíly neboli krátce řečeno geografickými poměry. Tyto geografické poměry je možno pouze do určité míry zabudovat do matematických modelů. Pro účely předpovědi počasí

a výzkumu klimatu je proto třeba statisticky sledovat a fyzikálně zdůvodnit vlivy konfigurace terénu a dalších zvláštností zemského povrchu na utváření počasí a klimatu při výskytu jednotlivých povětrnostních situací. To je úkolem regionální klimatologie. Vidíme, že stejně jako meteorologii v užším slova smyslu můžeme i klimatologii dělit podle různých hledisek na řadu klimatologických oborů. Před regionální klimatologií stojí stejně veliké úkoly jako před klimatologií cirkulačních poměrů. Neboť klima, přes relativní stálost vzhledem ke krátkodobým povětrnostním situacím, je též faktorem proměnlivým. Zjištěné klimatické poměry nějakého místa nebo oblasti jsou platné jen pro určitý časový úsek. Dynamiku klimatu je proto třeba sledovat i v regionálním měřítku.

Tyto skutečnosti však neznamenají, že by bylo dnes ještě vůbec myslitelné považovat i jen regionální klimatologii za součást geografie, nemluvě již o celé klimatologii nebo dokonce meteorologii. Neběží o to, že by předměty výzkumu geografie a klimatologie, a tedy i meteorologie byly tak vzdálené. Pro geografa je klima a atmosférické poměry vůbec součástí geografického prostředí, které popisuje. Je proto přirozeně nucen používat výsledků meteorologie právě tak jako výsledků astronomie, geofyziky, geologie a jiných vědních oborů. Tím se ovšem ještě nestávají tyto obory součástí geografie. Naopak meteorolog nemůže zanedbávat geografické prostředí. Všimá si jeho fyzikálního působení na atmosférické děje, především povrchů různé kvality jako zdrojů tepla nebo chladu pro neadiabatické děje v atmosféře a horských masívů jako mechanických překážek pro atmosférické proudění. Meteorolog se tedy rovněž zabývá zemskou atmosférou, ať již studuje fyzikální zákonitosti okamžitých stavů atmosféry nebo dlouhodobých dějů klimatických. Principiální rozdíl mezi geografii a meteorologií je však v problematice, metodě řešení, celém pojetí a přístupu, krátce ve všem kromě toho, že v obou případech jde o zemskou atmosféru. To ostatně přímo vyplývá ze skutečnosti, že meteorologie v širším slova smyslu je fyzikou atmosféry, její problematika a řešení musí tedy logicky být fyzikální.

Dostáváme se tak k jedné z velmi důležitých otázek v meteorologii — totiž k otázce měřítko, v němž děje zkoumáme. Pro toho, kdo řeší makrometeorologické či makroklimatologické problémy, jakým je např. otázka všeobecné cirkulace, stačí z geografických znalostí o severní polokouli vědět, že zde jsou dva kontinentální komplexy — Amerika a Eurasie — a že zde jsou dvě nejmohutnější horské překážky — Himálaj a Skalisté hory. Musí ovšem studovat fyzikální důsledky této nehomogenity povrchu, jak jsme se již výše zmínili. S určitostí však můžeme tvrdit, že se nemusí zajímat např. o vliv Šumavy na všeobecnou cirkulaci zemské atmosféry. Naproti tomu meteorolog, zabývající se např. určitým mezometeorologickým či mezoklimatologickým problémem v jihozápadních Čechách, musí nezbytně brát v úvahu nejen vliv Alp, ale i Šumavy. Při výzkumu mikrometeorologickém či mikroklimatologickém, např. cirkulačních poměrů určitého horského údolí, musíme brát v úvahu i svahové nerovnosti terénu. I když např. řešení posledního problému bude vyžadovat spolupráci s geografem, je zřejmé, že vždy při řešení je nutno si všimnout *fyzikálního* působení nehomogenit povrchu. Řešit problém proto musí vždy fyzik — meteorolog.

Je zřejmé, že chtít proto dnes zařazovat i jen klimatologii do geografie by bylo stejně absurdní a směšné počínání, jako kdyby lékař, používající ve výzkumu metod matematické statistiky, chtěl prohlašovat, že matematika je vlastně jen součástí medicíny.

ZÁVĚR

Účelem tohoto článku nebylo a ani nemohlo být podat třeba i jen stručný přehled všech odvětví meteorologie v širším slova smyslu. Takovému tématu by musela být věnována obsáhlá kniha. Vždyť stále se stupňující tempo rozvoje meteorologie má za následek také rozrůstání tohoto vědního oboru do šířky. Nezmínili jsme se např. vůbec o tom, že meteorologická měření a pozorování si nutně vyžádala vznik celého odvětví, které se zabývá meteorologickými přístroji, metodikou měření a zpracování výsledků. Jen jsme naznačili, že můžeme meteorologii v užším slova smyslu a klimatologii dále dělit na řadu oborů. Jen několika slovy jsme se zmínili o tom, že meteorologie dnes zasahuje do nejrůznějších oborů lidské činnosti. Na mnoha stranách by se dalo popisovat tak rozsáhlé odvětví, jakým je např. agrometeorologie a bioklimatologie a zvláště studium vlivu povětrnostních jevů na člověka.

Skutečnost, že meteorologie zasahuje do nejrůznějších vědních a technických oborů, vede často k tomu, že se jí zabývají odborníci z těchto ostatních oborů. Tato skutečnost sama o sobě by nebyla špatná, naopak bychom ji mohli uvítat, kdyby vedla k plodné a seriózní spolupráci s profesionálními meteorology. Je však naprosto neudržitelný stav, kdy si odborníci jiných vědních odvětví z rozmanitých důvodů sami řeší meteorologické problémy ve svém oboru. To je absurdní počínání, které není možno schvalovat. Právě tak, jako je nemyslitelné, aby kterýkoli meteorolog začal sám řešit problémy jiného vědního oboru, není možno nečinně přihlížet k diletantským pokusům o řešení často závažných problémů aplikované meteorologie nemeteorology. Svědčí to o naprosto neznalosti meteorologie a o jejím naprostém podceňování. Ten, kdo si takto počíná, zřejmě vychází z předpokladu, že meteorologie vůbec není vědní obor, který by bylo nutno studovat, že stačí získat výsledky meteorologických měření a s nimi pak již libovolně manipulovat. Nejčastěji se to děje užitím statistických metod, kdy je průběh některých meteorologických veličin korelován s průběhem nějakého jevu z jiného vědního oboru. To je principiálně chybný postup, vedoucí k tomu, že jsou často vzájemně porovnávány z obou vědních oborů nahodile vybrané veličiny, které byly po ruce, aniž by bylo cokoliv známo o jejich kauzálním spojení.

Je třeba si uvědomit, že dnes stále vzrůstá počet tzv. hraničních oborů, v nichž se stýkají různá odvětví vědy. Jedinou úspěšnou formou výzkumu v těchto hraničních oborech je spolupráce odborníků různého zaměření. Jediným možným postupem také v aplikované meteorologii je tedy vzájemná spolupráce odborníků jiných vědních oborů s profesionálními meteorology. Na takovéto spolupráci založený výzkum pak také povede krok za krokem k odhalování často velmi komplikovaných vzájemných kauzálních vztahů. Naproti tomu často unáhlené a nepromyšlené pokusy o přímé korelování prvního a posledního článku v komplikovaném mechanismu mohou vést k absurdním závěrům, diskreditují výsledky některého vědního oboru a znemožňují zmíněnou spolupráci. Jediná cesta k serióznímu výzkumu v aplikované meteorologii je výchova odborníků k uvědomělé a cílevědomé vzájemné spolupráci jak v meteorologii, tak v druhých vědních oborech.

Cílem tohoto článku bylo ukázat hlavní předmět výzkumu meteorologie v širším slova smyslu a její cíl. Chtěli jsme ukázat odborníkům jiných vědních oborů, kteří přicházejí s meteorologií do styku, jen ve velmi zběžném pohledu hlavní směr vývoje samotné meteorologie, směr, který nemusí být vždy na

prvý pohled patrný v některých odvětvích aplikované meteorologie. Tento vlastní vývoj meteorologie znamená shromáždění nových faktů, odvozování nových zákonitostí a opravování zastaralých představ a teorií. Tyto nové výsledky musí ti, kdož s meteorologickými fakty jakýmkoliv způsobem pracují, plně respektovat.

Současně se vznikem nových specializací se rychle mění i obsah dřívějších pojmů. Uvedme jako příklad ještě do nedávna velmi často používaný termín „dynamická meteorologie“, s nímž se dnes už na symposiích prakticky nesetkáme. Stává se dněs totiž dosti obtížné vymezit jeho obor. Vždyť dnes bychom mohli do něho zařadit téměř veškeré klimatologické problémy cirkulace. Současně se také dostáváme do podobných nesnází i s termínem „dynamická klimatologie“. Pojem dynamické klimatologie byl zcela oprávněný v době vzniku moderní klimatologie, která stála v protikladu ke klasické statické klimatologii zpracovávající materiál podle formálních měřítek. Dnes však se pojem dynamické klimatologie stává pojmem historickým, přicházejícím v úvahu, pouze když chceme zdůraznit protiklad mezi moderní a klasickou klimatologií. Celá moderní klimatologie je dynamická. I když v některých případech použijeme metod klasické klimatologie — průměrů a formálního časového měřítká, tj. dělení např. na pentády, dekády či měsíce, pak interpretujeme nutně vždy tento materiál v dnešním dynamickém pojetí, z hlediska moderní „Witterungsklimatologie“ (použijeme-li FLOHNOVA termínu). Jinak to není možné; není přece myslitelné, aby dnešní klimatolog nebo kterýkoli jiný odborník řešil problémy z pozice odborníka z druhé poloviny minulého století.

Vidíme, jak rychle některé pojmy stárnou, nabývají nového obsahu, kterému často dřívější rámec nestačí, a je třeba se zabývat vždy znovu a znovu základními a zásadními otázkami.

Je na místě zmínit se na závěr i o skutečnosti, že použití nejnovějších technických prostředků jako raket, meteorologických družic atd. začíná vést k jakémusi „rozbití“ dosavadního pojmu meteorologie. Nutnost pojímat atmosféru jako časové i prostorové kontinuum, a to nejen co do horizontálních, ale i vertikálních rozměrů, vede nutně i k uvažování o vlivu vysokých vrstev atmosféry, kde např. vedle čistě fyzikálních činitelů nabývají důležitosti i činitelé chemičtí, významně se uplatňují jevy geoelektrické a geomagnetické. Začíná se proto mluvit o „atmosférických vědách“. Pod tento široký pojem se pak shrnují všechna ta početná vědní odvětví, zabývající se dnes výzkumem atmosféry. Zdá se, že meteorologie — fyzika atmosféry — se tím dostává do nového, ještě prudšího tempa vývoje.

Skončíme tento článek případnými a stále aktuálními slovy BERGERONOVÝMI:

„Z dějin věd se učíme často právě tak mnoho jako z vědeckých poznatků samých. Vidíme např., že v každém odvětví vědy každá doba měla svoji jednostrannost, která byla současně nutná i škodlivá. *Nutná* pro vývojový stupeň své doby, *škodlivá* tehdy, když se nepřehlo v pravou dobu k další vývojové fázi.“