

IDŐJÁRÁS

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

AMBRÓZY P. (Budapest), F. BAUR (Bad Homburg), BÉLL B. (Budapest), BODOLAI I. (Budapest), M. BOSSOLASCO (Genova), M. I. BUDYKO (Leningrad), M. ČADEŽ (Beograd), CZELNAI R. (Budapest), F. F. DAVITAJA (Tbiliszi), H. ERTEL (Berlin), Sz. P. HROMOV (Moszkva), S. JAHO (Tirana), P. KASNECI (Tirana), KÉRI M. (Budapest), M. KONČEK (Bratislava), L. KRASTANOV (Szófia), A. MÄDE (Halle/Saale), W. OKOLOWICZ (Warszawa), OZORAI Z. (Budapest), J. PASZYNSKI (Warszawa), F. STEINHAUSER (Wien), K. TAKEUCHI (Tokyo)

FELELŐS SZERKESZTŐ:

DÉSI F. (BUDAPEST)

SZERKESZTŐ:

KAKAS J. (BUDAPEST)

72. ÉVFOLYAM

5

1968. SZEPTEMBER—OKTÓBER

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET
HIVATALOS LAPJA

INDEX 26.361

IDŐJÁRÁS

ПОГОДА

WEATHER

TEMPS

WETTER

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

<i>Bodolai István—Bodolainé Jakus Emma</i> : 50 éves a front fogalma	257
<i>Gandin, L. S.—Kagan, R. L.—Tarakanova, V. P. (Leningrád)</i> : A hőmérsékletmérő állomáshálózat racionális tervezésének kérdéséről (Német nyelven)	271
<i>Kovalcsik, S. (Varsó)</i> : A meteorológiai hálózat felülvizsgálata Lengyelországban, a szerkezeti függvény és a maximális interpolációs hiba analízisével (Orosz nyelven)	275
<i>Maskovics, S. A. (Moszkva)</i> : Az aerológiai állomáshálózat sűrűsége a meteorológiai mezők számszerű előrejelzése szempontjából (Orosz nyelven)	284
<i>Czelnai Rudolf—Szesztay Károly—Rdkóczy Ferenc</i> : Vízfelületek párolgását mérő állomáshálózat Magyarországon (Német nyelven)	291
<i>Rdkóczy Ferenc</i> : A statisztikai entrópia, mint a meteorológiai mezők jellemzője (Német nyelven)	298
<i>Götz Gusztáv</i> : Meteorológiai mesterséges holdak (III.)	305

Irodalom

<i>Ambrózy Pál (szerk.)</i> : Az időjárás dinamikus előrejelzésének alapjai (<i>Makainé Császár Margit</i>)	308
<i>Jones, R. F.—McInturff, R. M.—Teweles, S.</i> : Meteorológiai problémák a szuperszónikus repülőgépek tervezésében és üzemeltetésében (<i>Ozori Zoltán</i>)	309

Krónika

A Magyar Meteorológiai Társaság XIV. vándorgyűlése Mosonmagyaróvárott (*Szepesiné Lőrincz A.*) — A WMO repülésmeteorológiai tudományos és technikai konferenciája (*Lépp I.*) — A szinoptikus- és repülésmeteorológiai munkacsoport harmadik ülése (*Lépp I.*) — Agroklimatológiai szeminárium Obnyinszkban (*Varga-H. Z.*) — Brit transzarktikus expedíció (*Götz G.*) — Francia meteorológusok látogatása Magyarországon (*Mészáros E.*) — Légszennyeződési szimpózium Leningrádban (*Popovicsné Gubola M.*) — Mikrometeorológiai tanulmányút Angliában (*Antal E.*) — A műholdak földi berendezéseivel foglalkozó munkacsoport ülése (*Mezősi M.*) — Szovjet kísérletek az időjárás módosítására (*Wirth E.*) — Az ATS-III műhold adásainak sikeres vétele Budapesten (*Mezősi M.*) — Béll Béla doktori értekezésének vitája (*Berkes Z.*) — Az V. RGR ülés Obnyinszkban (*Simon A.*) — Nemzetközi hidrometeorológiai mérések a Nagy-tavakon (*Götz G.*) — Az univerzális ozonmérő leningrádi hitelesítése (*Ventura E.*) — Új mesterséges holdak (*Götz G.*) — Összefüggő jégmező Grönland és Izland között (*Götz G.*) — Porvihar Budapesten (*Várkonyi T.*) — Ipari balesetek előrejelzésének meteorológiai alapjai (*Gajzágó L.*) — Nemzetközi határozat az időjárási hajók további sorsáról (*Götz G.*) — A Magyar Meteorológiai Társaság választmánya (*Koppány Gy.*)

SZERKESZTŐSÉG ÉS ELŐFIZETÉSI ÜGYEK:

BUDAPEST II., KITAIBEL PÁL UTCA 1. TELEFON: 353-500

ELŐFIZETÉS: EGY ÉVRE 48 Ft

(BEFIZETÉS A 100.080-70 ORSZ. METEOROLÓGIAI INTÉZET BEV. SZÁMLÁN),

A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG TAGJAINAK 24 Ft

(BEFIZETÉS A 61.764 METEOR. TÁRS. TAGDÍJ BEF. SZÁMLÁJÁN)

MEGJELENIK KÉTHAVONKÉNT

EGYES SZÁM ÁRA 8 Ft

Bodolai István — Bodolainé Jakus Emma:

50 éves a front fogalma

Fifty Years of the Concept of Fronts. This paper is a short review of the evolution of our knowledge about atmospheric fronts. As an introduction, the ideas are discussed that were leading to the discovery of fronts and to the model cyclone of J. Bjerknes. In addition to the frontological investigations executed by J. Bjerknes, the work of his contemporaries on the character of vertical movements at the fronts is discussed. In the second part of the paper, recent frontological investigations are described and the results obtained by particular series of measurements are discussed.

✱

К пятидесятилетию концепции фронтов. Дается краткий обзор истории эволюции наших знаний об атмосферных фронтах. В введении рассматриваются идеи, приведшие к открытию фронтов и разработке модели циклона Я. Бьеркнеса. Кроме фронтологических исследований Бьеркнеса анализируются и работы его современников, направленные на выяснение характера вертикальных движений на фронтах. Во второй части работы описываются современные фронтологические исследования и обсуждаются результаты исследований, основывающихся на сериях специальных наблюдений.

✱

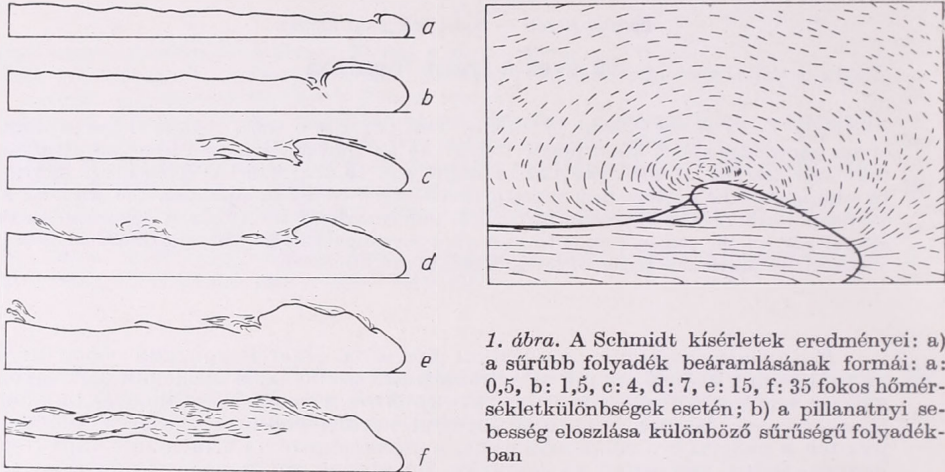
1968. november 5-én lesz 50 éve, hogy J. Bjerknes „A mozgó ciklonok struktúrájáról” c. dolgozatát a Geofysiske Publikationer-nek benyújtotta.

Napjainkban gyakran emlékezünk meg a tudomány, a kultúra és az emberi haladás fontosabb történelmi eseményeinek dátumairól. Meggyőződésünk szerint ilyen megemlékezésre méltó évforduló a szinoptikus meteorológia történetében J. Bjerknesnek 1918-ban megjelent tanulmánya, amelyben közzétette a ciklon időjárásának felderítését célzó kutatásainak legfontosabb eredményét: a légköri frontok felismerésére és tulajdonságaira vonatkozó megállapításait [1]. Tanulmánya a légkörre vonatkozó ismereteink fejlődésének egyik legragyogóbb fejezetét nyitotta meg és a dolgozatot követő 10 év során született meg valójában az a tudomány, amelyet ma szinoptikus meteorológiának nevezünk. Erre a dátumra azért is érdemes éppen napjainkban visszapillantunk, mert a frontokra ma újult érdeklődéssel tekint a szinoptikus meteorológiai kutatás.

Megemlékezésünk keretében először a frontokra vonatkozó korai fogalmakat ismertetjük, amelyek J. Bjerknes ciklon modelljének kialakulásához vezettek, majd érintjük a legújabb kutatások eredményeit. Indokolja ezt a célkitűzést az a körülmény, hogy a tankönyveknek a légköri frontokkal foglalkozó fejezeteiből ma már nem derül ki a problémák eredeti fölvetése, sőt az is, hogy a tankönyvek problémamentes tárgyalásmódja következtében bizonyos fogalmak megrögződtek és ma már nem is igen tudjuk, hogyan kerültek be jelenlegi szemléletünkbe. Tanulságos a vissza-

pillantás abból a szemszögéből is, hogy a tudományos közfelfogásban megrögződött fix fogalmak bizonyos esetekben akadályává válhatnak az új és termékenyebb szemléletmód kialakulásának.

E rövid áttekintés távolról sem öleli fel a frontokkal összefüggő valamennyi kérdést és ismeretet, hanem csupán néhány fontos probléma történeti mozgására óhajtja felhívni a figyelmet, továbbá arra, hogy a frontok szerkezete megismerésének jelentősége ma sem vesztett fontosságából és időszerűségéből.



1. ábra. A Schmidt kísérletek eredményei: a) a sűrűbb folyadék beáramlásának formái: a: 0,5, b: 1,5, c: 4, d: 7, e: 15, f: 35 fokos hőmérsékletkülönbségek esetén; b) a pillanatnyi sebesség eloszlása különböző sűrűségű folyadékban

A front fogalmának első konkrét megközelítése *M. Margules* nevéhez fűződik, aki a viharok energetikai forrásainak kutatása során először állapította meg dőlt határfelület létezésének szükséges voltát a légkörben [2]. Többek között ezeket írja: „Az egyenlőtlen hőmérsékletű légtömegeket azonos szinten éles határ választja el, amely a viharokkal a meleg oldal felé tolódik el. A talajon gyakran 10 fok is lehet a hőmérsékletkülönbség, amely kb. 2000 m-ig áll fenn. Nagyobb magasságban a meleg és hideg terület fölött a nyomás azonos, a talajon a hideg terület alatt magasabb”. Ebből a tapasztalatból kiindulva energetikai modellt vezet le a vihar potenciális és belső energiájának kiszámítására. Későbbi munkáiban [3, 4] a vihar energiájának forrását a meleg és hideg légtömeg közötti hőmérsékletkülönbségre vezette vissza. E gondolatoknak dinamikai továbbfejlesztéseként jutott a közismert Margules-egyenletre is.

A Margules-egyenlet levezetése során a szerző *H. Helmholz* eredményeiből indult ki. *Helmholz* ugyanis elméleti úton kimutatta, hogy két, a Földhöz képest forgó léggűrű egymás mellett stacionárius maradhat akkor is, ha a gyűrűkben áramló levegő hőmérséklete ugyanazon a szinten ugrásszerűen különbözik egymástól. Ebből levezette a két forgó léggűrűt elválasztó felület egyenletét és meghatározta a közöttük levő választófelület stabilitásának kritériumait [5]. *Margules* ezek alapján azt vizsgálta, hogy mi a stacionárius állapot feltétele akkor, ha két légtömeg között ugrásszerű a hőmérsékletkülönbség. Megállapítja: „Az egyenlettel leírt állapot akkor stabilis, ha a hidegebb tömeg hegyesszögű ékként helyezkedik el a horizont és a határfelület között”.

Margules egyenletét — a frontok fölfedezése után — precízebb formában mások is levezették [6, 7, 8], azonban a Margules-féle választófelület csak akkor vált mai értelemben vett fronttá, miután értelmezést nyert a ciklon cirkulációs rendszerében.

A front fölfedezéséhez vezető úton különösen fontos volt az a meteorológiai irodalomban meglehetősen feledésbe merült kísérlet, amely hasonló szerepet töltött be a hideg front első megfogalmazásában, mint a Margules-féle választófelület. E nevezetes kísérlet *W. Schmidt* nevéhez fűződik, aki részben *Margules* elméleti megfontolásai nyomán rendkívül ötletesen hajtotta azt végre [9].

A kísérlet a következő eszközökből és eljárásból állt: Egy 181 cm hosszú, 31 cm magas és 4 cm széles teknőt, melynek két hosszanti fala üvegből készült, egyik végétől 40 cm távolságra fallal kétfelé osztott. A fal alsó részén felhúzható retesz volt, amely a kísérlet kezdetén zárva volt. A kisebb teknőbe nehezebb folyadékot (szinezett só-, vagy glicerinnel oldatot) öntött, a másikba vizet. Miután a két folyadék nyugalomba jutott és a reteszt felhúzta, az oldat a vizet maga

előtt tolvaj jellegzetes alakot öltött: előlső oldalán egy megemelt fej tűnt fel, majd egy bemélyedés, amit a réteg lassú növekedése követett. „Az egész jelenségre a megemelt fej a legjellemzőbb” — mondja *Schmidt*. A kísérlet során kitűnt, hogy a fej formája az alkalmazott folyadékok sűrűségkülönbségétől függ (1/a. ábra).

A későbbiekben *Schmidt* úgy tökéletesítette kísérletét, hogy az oldatba fűrészpórt szuszpendált, amit a teknő középsíkjába eső sugárnyalóval világított meg, így a mozgó részecskék pályája kb. 2 percre láthatóvá vált és ezt lefényképezte (1/b. ábra). Megjegyezzük, hogy *Schmidt* kísérletét az 1960-as években ausztrál kutatók tényleges légköri mérésekkel is igazolták.

Az ábra alapján *Schmidt* megállapítja: „Az első, ami itt szembetűnő, egy kör alakú mozgás, ami vízszintes tengelyű örvénynek fogható fel”.

Az elmondottak után talán furcsának tűnhet, hogy a frontokat csak a kísérletet követő 7 év múlva fedezték fel. Ám ahhoz, hogy ez megtörténjék, a vizsgálatoknak szinoptikai irányba kellett eltolódnuk.

A frontok felismeréséhez vezető úton igen fontos volt az a néhány év, amelyet *V. Bjerknes* 1913-tól 1917-ig Leipzigben töltött, ahol az egyetem geofizikai intézetének egyik feladata a légköri jelenségek szinoptikai ábrázolásának kidolgozása volt. A széltérképek tanulmányozása során felfigyeltek a szélemezőben található konvergencia vonalakra, melyeknek kísérő jelenségeit *V. Bjerknes* egyik tanítványa, *Petzold* vette vizsgálat alá, aki azonban 1916-ban Verdunnél el-esett. A háborús események miatt *V. Bjerknes* 1917-ben két munkatársával, *J. Bjerknes*-szel és *H. Solberggel*, akikhez 1919-ben *T. Bergeron* is csatlakozott, visszatért a norvégiai Bergenbe, s ott a konvergencia vonalak vizsgálatát *J. Bjerknes* folytatta tovább.

J. Bjerknes már 1917-ben közzétette a konvergencia vonalakra vonatkozó vizsgálatának első eredményeit [10]. Megállapítja, hogy a konvergencia vonalak viszonylag állandó képződmények, mozgásuk gyakran napról-napra követhető. A vonalakat kísérő feláramlások megfelelő nedvességtartalom esetében felhő- és csapadék-képződést váltanak ki. Fontos mozzanat, hogy e vonalakat a légköri képződményekhez, sőt a hideg betörésekhez is hozzárendeli: „A konvergencia vonal erőssége a borult idők sáv alakú területéből is látható, általában esők vagy szélviharok és zivatarok kísérik. A két utóbbi gyakran közvetlen előfutára a hideg betörésnek. Az előnyomuló hideg levegő a meleget maga előtt tolja és egy kis darab a hideg levegő előtt konvergencia vonalat alkot, amely vele párhuzamosan halad és a legerősebb feláramlás helyén meleg levegő van”. Ezek a sorok nem hagynak kétséget aziránt, hogy *J. Bjerknes* a helyes nyomot találta meg az időjárás jelenségek földterítésében. Itt a frontról nemcsak mint két különböző hőmérsékletű légtömeget elválasztó felületről van szó (hiszen ennek egyenleteit már felállították: *Helmholtz* egyenletei 1888, a *Margules*-egyenlet 1906 óta ismeretes, ám a frontot mégsem fedezték fel), hanem a frontról, mint a ciklon cirkulációs rendszerének integráns objektumáról, és ez az, amit a korábbi idők nagy meteorológusai — beleértve *Helmholtz* és *Margules* is — még nem láttak.

A bevezetőben említett nevezetes dolgozatot [1] egy év múlva az itt tárgyalt tanulmány követte. Ez a mindössze 8 oldalas dolgozat fordulópontot jelentett a szinoptika történetében, tartalmát azért is érdemes felidéznünk, mert megállapításainak lényege ma is érvényes. Még a bevezető sorok sem vesztek időszerecsükből: „Amikor a hidrodinamikai egyenleteket a konkrét légköri mozgásokra közvetlenül akarjuk alkalmazni, két feltételnek kell teljesülnie: a meteorológiai állomások közötti távolságnak elég kicsinek kell lennie ahhoz, hogy megfigyeléseiket térbeli differenciállokként tekinthessük, a megfigyelések egymást követő periódusainak pedig szintúgy, hogy időbeli differenciállokként vegyük figyelembe őket. E feltételek közül egyik sem teljesül, sem a napi időjárás térképeken, sem a kinyomatott évkönyvekben közölt megfigyelések használatakor. A távolságok többszáz km-t, az időbeli intervallumok 6 órát tesznek ki, ezek pedig túl nagyok”.

E szerény bevezetésnek ma, a mezoszínoptikai kutatások idején, külön időszerecsü-sége van, mert rámutat arra, hogy a megfigyelések tér-időbeli sűrűségének el kell érnie olyan szintet, hogy a jelenség méreteivel adekvát legyen.

A tanulmányt rendkívüli tömörség és egyszerűség jellemzi, mint minden igazán nagy természettudományi fölfedezést. Érdemes megfigyelni, milyen világos és magá-

tól értendő a frontok megfogalmazása, amit itt *J. Bjerknes* még nem nevezett frontnak; ezt csak később, *Solberggel* közösen publikált dolgozatukban teszik meg [11], amikor a csapadék szinoptikai feltételeit tárgyalják:

„Minden mozgó ciklonnak két konvergencia vonala van, amelyek nagyobbak és feltűnőbbek, mint mások, és jellegzetes hőmérsékleti viszonyokkal különböztethetők meg... , az egyik a középpont felé a ciklon előoldalán halad... , ez megadja a ciklon haladásának pillanatnyi irányát, ezért gyakorlati célokra irányító vonalnak (*steering line*) neveztük. A másik konvergencia vonal a ciklon hátoldalán található és ez a mozgó ciklont kísérő, jólismert *squall line*-nel (*Böen*) azonos. Az irányító vonal és a *squall line* közvetlenül kapcsolódik a hőmérséklet eloszlásához, mint a ciklon meleg területének, vagy ahogyan mi nevezzük: a ciklona meleg szektorának a határa”.

A *squall* felületről a következőket állapítja meg:

„A légtömegeket, amelyek két oldalról a *squall line* irányában áramlanak, határfelület választja el, — amelyet a kényelem kedvéért *squall* felületnek nevezünk —, ez a felület azonban, ellentétben az irányító felülettel, nem egyszerűen egy dőlt síkra hasonlít, hanem éppúgy, mint *Schmidt* jólismert kísérletében, egy fejt alkot (*fronted by a "head"*), amelynek azonban néhány esetben más a jellege, mint a kísérletben”.

Később *J. Bjerknes* és *H. Solberg* ezt a modellt továbbfejlesztette [12]. Felismerték, hogy az csak a ciklonnak egy megadott fejlődési stádiumára jellemző. Fölfedezték a ciklon és a frontok életeklyusait, a ciklon-szériákat és kidolgozták a légkör általános cirkulációjának ún. *polár-front elméletét*. A frontológiai módszer háromdimenziós kiterjesztésében és az indirekt aerológia módszereinek kidolgozásában *Bergeron*, a légtömeg- és frontelemzés gyakorlati kidolgozásában pedig *Bergeron*, *G. Swoboda* [13], valamint *E. G. Calwagen* munkásságát kell kiemelnünk [14].

E helyütt kell megemlítenünk a frontokon végbemenő vertikális mozgások tanulmányozásának korai módszereit. E mozgások tanulmányozása a frontok aerológiai vizsgálatával is összefügg, és itt *G. Stüve* úttörő munkássága érdemel figyelmet, aki a frontok aerológiai felderítésének módszerét dolgozta ki [15]. *Stüve* a lindenbergi magaslégköri mérések adataiból készített függőleges metszeteket a választófelületeket a hőmérséklet izopletáinak inverziós, illetve izoterm rétegeivel jellemezte. Ő volt az első, aki a *Bjerknes*-féle választófelületeket a *siklasi felületek* speciális eseteként értelmezte, majd a *Margules*-egyenlet további verifikálása segítségével bevezette a *felsikló és lesikló felület* fogalmát [16, 17]. A választófelületen kialakuló függélyes mozgást *Stüve* értelmezésében a sikló mozgás határozza meg, amely a hideg ék és a meleg levegő sebességi viszonyaitól függően lehet aktív és passzív. A meleg fronton a meleg levegő siklása aktív, míg a hideg fronton passzív.

A frontfelület dinamikájával elméleti úton *J. Bjerknes* is foglalkozott [18]. A diszkontinuitási felület egyenletéből levezette a fel- és lesiklásoknak megfelelő gyorsulásokat, majd a frontok különböző viselkedéseinek lehetőségeire empirikusan is rámutatott [19, 20]. Kimutatta a *kettős hideg frontok* és a *visszahajló okklúzió* egzisztenciáját, továbbá az eredetileg egyetlen hideg front kettős hideg fronttá történő alakulását. Kettős hideg frontnak azokat minősítette, amelyek átvonulása a regisztrátumokon két fokozatban jelentkezik: az elsőnél a szélfordulás kicsi és fokozatos, a többi elem változása gyenge, viszont a csapadék az első szélforduláskor hullik; az éles szélfordulást és a hőmérséklet hirtelen csökkenését kísérő második front viszont csapadékmentes. Számításai szerint a két front közötti távolság 30 mf. Ezt a jelenséget a hideg ékben lezajló lesiklással (szubszidencia) magyarázza, amelyet *M. A. Giblett* magaslégköri megfigyelésekkel is igazolt [21].

A frontokon bekövetkező függélyes mozgásokat *J. Bjerknes* a talajközeli szélmező alapján a kontinuitási egyenlet segítségével értékelte. Eszerint a második frontot kísérő szélroham vonala a maximális leáramlás vonala is és ezzel magyarázható a másodlagos hideg front viszonylagos csapadékszegénysége. A továbbiakban azt is megvizsgálta és értelmezte, amikor széles átmeneti zónájú hideg front diszkontinuitássá élesedik. A [19] munkát mai szemmel nézve elmondhatjuk, hogy *J. Bjerknes* a hideg front két mezoléptékű struktúráját írta le. Ezeket a mai mezoszinoptikai vizsgálatok során újra fölfedezték.

A frontoknak mint különböző vertikális mozgásokkal jellemezhető objektumoknak ismérveit *Stüve* és *J. Bjerknes* munkái alapján *Bergeron* foglalta össze [22, 23], és később ebben a formában kerültek be a tankönyvekbe. *Bergeron* klasszikus munkája

[22] összefoglalását jelentette a 20-as évek kutatásainak. Az ezt követő idők a frontok szerkezetének további földerítése terén már nem hoztak újat. A frontológiai módszer és a légtömeg-elemzés *Bergeron* által kezdeményezett módszere előbb-utóbb minden meteorológiai szolgálat gyakorlatában elterjedt. A légtömeg-elemzés során azonban maga a front, mint mozgásrendszer, kikerült az érdeklődés homlokteréből, helyét a légtömegek osztályozása váltotta fel.

A frontok iránti érdeklődés a 40-es évek végén és az 50-es évek elején tovább csökkent. Ennek oka, hogy a szinoptikai és dinamikus meteorológiai kutatások a numerikus előrejelzési módszerek kidolgozására irányultak. A helyzetet jellemzi az a tény, hogy pl. *S. Petterssen* könyvének 1940-es első kiadásában [24] a frontokkal foglalkozó rész két fejezete 64 oldal terjedelmű, az 1956-os bővített kiadás egy fejezete már csak 22 oldalon foglalkozik velük [25]. Pedig a mindennapos szinoptikai gyakorlatban a frontok körül sok minden nem volt rendben. Az időjárás térképeken több olyan jelenséggel találkoztak a szinoptikusok, amelyek nem voltak beleilleszthetők a Bjerknes-féle ciklon-modellbe és a nagyléptékű légtömeg-elméletbe. A direkt aerológia eredményei különösen a frontok függélyes szerkezetéről vallott felfogást kérdőjelezték meg. *W. Bleeker* 1958-ban az ICAO Rómában tartott szemináriumán nagyon élesen vet föl több olyan kérdést, amelyek a klasszikus elmélettel nehezen magyarázhatók meg. Különösen a hideg ék és a választófelület gondolatát tartja több szempontból kétségesnek [26, 27]. A fölmerült nehézségek megoldására *Bleeker* cirkulációs modellt javasol, amelyben a cirkuláció a hideg és meleg légtömeg közötti baroklin zónában játszódik le, és amely a jet-zónával is összefüggő rendszert alkot. Az általa javasolt modell azonban túl általános és további gyakorlati és elméleti alátámasztást igényelne.

Az utóbbi 10—15 évben ismét jelentősen növekedett a frontok szerkezetére irányuló vizsgálatok száma, ugyanakkor megváltozott a tanulmányozás módszere is. Az új módszer lényege a frontok széria-mérések alapján történő kutatása.

Az első ilyen jellegű munka *H. W. Sansom* nevéhez fűződik [28], aki elfogadta a frontok *Bergeron* által javasolt felosztását ana- és katafrontokra. Vizsgálata felfedezte a frontokat kísérő időjárás jelenségeket (hőmérséklet és relatív nedvesség változása, felhőzet, csapadék), a szél horizontális és vertikális szerkezetét, a front dőlését, a függőleges sebességek tanulmányozását, valamint a front élekciklusait. Ezt a széles problémakört felölelő vizsgálatot 50 hideg frontra végezte el.

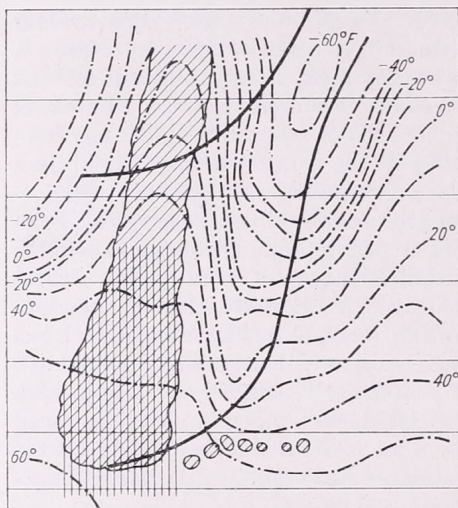
E feldolgozás figyelemre méltó és különösen újszerű eredménye a szélmező viselkedésének tanulmányozása a frontok környezetében. A fronttal párhuzamos és merőleges szélösszetevők a két fronttípus esetében jelentős különbségeket mutattak. Jellemző különbségek adódtak a normális szélösszetevők értéke és a front sebessége között is, azonban a talált jelenségekhez fűzőtt magyarázatai a klasszikus elképzelések keretein belül maradtak.

Sansom eredményei alapján fölmerült a kérdés: milyen kapcsolat van az ana- és katafrontok között? Maga a szerző három kapcsolatot tartott lehetségesnek: a) a két típus független; b) fokozatos az átmenet a front hossza mentén; c) a két típus közötti időbeli átmenet a ciklon fejlődésének függvénye. Legvalószínűbbnek a ciklon fejlődésével párhuzamos időbeli átmenetet tekinti: „*Kezdetben a hideg front szinte teljes hossza mentén általában anafront . . . , katafront először az okkludálódó ciklon középpontjának közelében fordul elő, majd tovább folytatódik a front teljes hossza mentén*”.

Sansom megállapításai nagyon fontosak, mert rámutatnak annak szükségességére, hogy a frontokat állandóan alakuló objektumoknak tekintsük. Megállapításai azonban nem megnyugtatók sem a szélstruktúra értelmezése, sem a front átalakulása tekintetében. Modellje többek között nem ad magyarázatot a fiatal ciklonok nyitott meleg szektorában kialakuló instabilitási vonalakra. Föltehető, hogy maga az alapvető elmélet sem engedi meg a helyes felfogás kialakítását és a frontok fejlődésének más stádiumait is megismerhetjük a jelenségek méreteivel adekvát mérési anyag birtokában. *Sansom* eredeti kérdésföltevései és korrekt vizsgálati módszere azonban ma is figyelmet érdemel.

Sansom vizsgálatait, bár a szokásosnál sűrűbben végzett, de még reguláris méréseken alapultak. Szemlélnk további részében olyan vizsgálatokat ismertetünk, amelyek a frontok belső

struktúrájának tanulmányozását különleges mérőhálózatok vagy szériamérések alapján végezték. Közöttük az első jelentős munka *J. S. Sawyer* nevéhez fűződik, aki a frontok szerkezetét kutatórepülések segítségével elemezte [29, 30]. A repülőgépek a frontális régió legerősebb baroklin zónáit két különböző magasságban, horizontális pályán repülték át a 850 és 500 mb-os szintek között. A frontálzóna termikus szerkezetének jellemzésére *Sawyer* két fogalmat vezet be: az egyik a szorosan vett *frontálzóna*, amely a legintenzívebb hőmérsékleti gradiens zónájával azonos, a



2. ábra. A harmatpont és a felhőzet eloszlása a frontálzónában (*Sawyer* szerint). A pontozott-szaggatott vonal a harmatpont eloszlását, a vonalkázás a felhőzetet, a vastag vonal a frontálzóna határát jelöli

másik a *frontális régió*, amely a hideg és meleg légtömeg közötti teljes hőmérsékletváltozás távolsága. A mérések szerint a frontálzóna az 500 mb-os szint környezetében a talajközelihez hasonló méretre szűkülhet össze. Kiderült, hogy dőlt baroklin zóna létezik, azonban térbeli helyzete a hőmérsékleti profilok szabálytalansága miatt bizonytalan. *Sawyer* szerint ezek a szabálytalanságok eleve kizárják a frontálzóna határainak identifikálását.

A nedvességmérések addig ismeretlen nedvességeloszlásra hívták fel a figyelmet. A függőleges metszeteken a frontálzóna környezetében — különösen az 500 mb-os szint körül — egy kb. 100 mf szélességű száraz levegőnyelv található, amely a hideg frontoknál kifejezettebb, mint a melegeknél. A kimért 23 front felénél a száraz nyelv magában a frontálzónában mutatkozott. Minthogy a legalacsonyabb relatív nedvesség a frontálzóna meleg határán található, semmilyen jele sincs a levegő felsiklásának a frontálzóna előtt. A száraz nyelv elhelyezkedését a 2. ábrán mutatjuk be.

A felhőzet mennyisége, fajtája és helyzete a frontálzónához képest nagyon különböző volt. E nagy változatosság ellenére a felhőzet eloszlásának legáltalánosabb sajátosságait *Sawyer* szerint a 3/a, b ábra jellemzi. Érdekes, hogy a meleg frontoknál a felhőtömeg dőlése meredekebb, mint a fronté, míg a hideg front előtt szűk konvektív felhőzóna található.

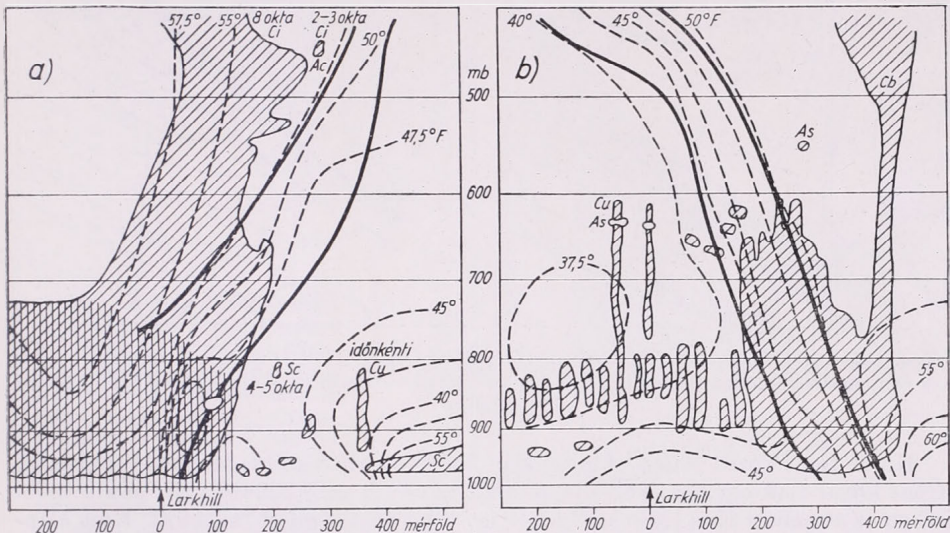
E megfigyelt tények alapján *Sawyer* arra a következtetésre jutott, hogy a légkör a frontális régiókban annyira komplex, hogy jelenleg nincs olyan idealizált front-modell, amely egy individuális frontot megfelelően leképezne. Jelenlétüket dőlt baroklin zóna jellemzi, a hőmérsékleti kontraszt átlagosan 100—200 mf széles zónára terjed ki, amely az 500 mb-os szint közelében gyakran 50 mf szélességűre szűkül össze.

A száraz nyelvet *Sawyer* kezdetben az advekcio magasság szerinti változásaival magyarázta, később átfogóbb elméleti magyarázatot adott a jelenségre: a száraz nyelvet és a frontálzóna beszűkülését a jet-tel hozta összefüggésbe. Kimutatta, hogy a jet hideg oldalán szubszidencia, meleg oldalán feláramlás jön létre, tehát a hőmérsékleti gradiens viselkedése a különböző előjeli feláramlások következménye. Ezt a magyarázatot azonban nem tartja véglegesnek és kielégítőnek, miután teljesen megkerüli azt a kérdést, hogy miért van jelen a front és a már perzisztens jet, csupán arra a nem kevésbé fontos kérdésre felel, hogy a megfigyelt viszonyokat milyen föltetelek jellemzik.

M. H. Freeman vizsgálatai [31] megerősítették a *Sawyer* által felismert jelenséget. Az általa vizsgált meleg illetve lassan mozgó hideg frontoknál a felhőrendszer dőlése mintegy kétszer meredekebb volt, mint a frontálzónáé. Front-modelljének legjellemzőbb sajátossága, hogy a jet közelítőleg az 500 mb-os szint és a frontálzóna metszéspontja fölött helyezkedik el.

Termékenyítően hatottak a fenti fölismerések a frontok dinamikájának kutatására is. *Sawyer* és *Freeman* eredményei alapján *A. Eliassen* elméleti úton mutatta ki tranzverzális cirkulációs rendszer lehetőségét a frontálzónában [32].

Sawyer megállapításaihoz hasonló eredményekről számol be *U. Hengelhaupt* a Berlin fölött rövid időközökben (2—4 óránként) végzett légállapotmérések adatainak értékeléséből [33]. E mérések során a klasszikus front-modell csupán egyetlen esetben teljesült.

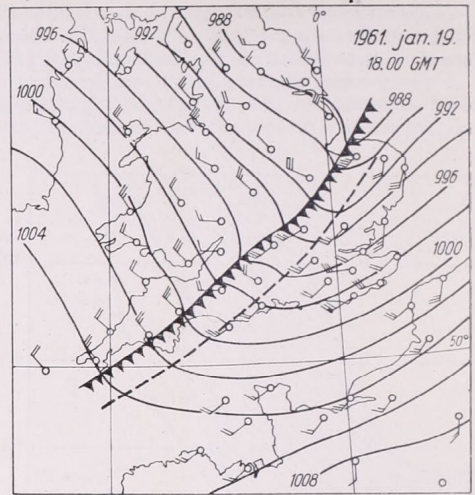
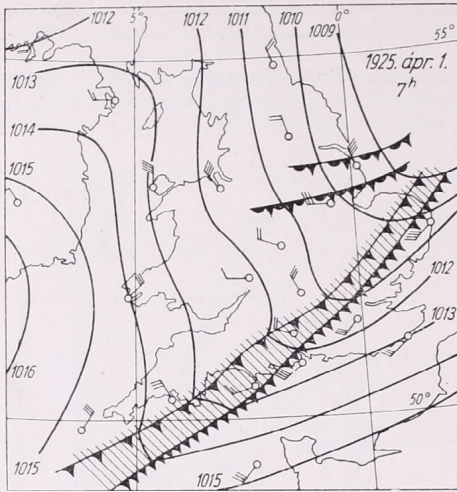


3. ábra. A felhőzet (vonalkázás), a nedves potenciális hőmérséklet (szaggatott vonal) és a frontálzóna (vastag vonal) térbeli függőleges metszete (*Sawyer* szerint): a) tipikus meleg front; b) tipikus hideg front esetében

Jelentős felismerésekkel bővítette a frontok szerkezetére vonatkozó ismereteinket az elsősorban a hideg ék és a nedvességi mező tulajdonságait vizsgáló *M. K. Miles* [34]. Szerinte a front átvonulását a talajközben két fokozat jellemzi. Az első szélfordulás alkalmával csak akkor van hőmérséklet- vagy harmatpontcsökkenés, ha az eső telítetlen levegőbe hullik. Ezt a szakaszt a szinoptikus térképen többnyire bárikus teknő jellemzi. A hideg levegő megérkezését a szélfordulás második fokozata jelenti és ez a talajközeli hideg front, melyet a harmatpont csökkenése és a nyomási tendencia irányváltozása kísér. A frontálzóna a hideg front és a teknővonal közötti területen helyezkedik el.

Emlékeztetnünk kell itt *J. Bjerknes*nek egy korábban említett munkájára [19]; ebben a kettős hideg front szerkezetét csaknem szóról-szóra ugyanúgy írta le, mint 32 év múlva *Miles*. Összehasonlításként *4/a, b* ábrán egy-egy analízist mutatunk be a két szerzőtől. A jelenséghez fűzött magyarázatok természetesen különbözők, ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy *J. Bjerknes* eredményeiről, sajnos, megfeledeztek.

Miles szerint a front sebessége geosztrofikusnak tekinthető: a súrlódási réteg szubgeosztrofikus áramlását a hideg levegő szupergeosztrofikus áramlása ellensúlyozza és ez teszi lehetővé, hogy a hideg tömeg a súrlódási rétegben is előrehaladjon. *Sawyer*hez hasonlóan *Miles* is problematikusnak találja a száraz meleg levegő jelenlétére vonatkozó magyarázatokat. Szerinte a prefrontális teknővonal csapadékát a frontra normális irányú szélösszetevők konvergenciája és az előtte levő nedves levegő következményének kell tekinteni, míg a hideg front csapadékmentessége vagy gyenge csapadékaktivitása a magasban előrenyomuló száraz levegőnek tulajdonítható.

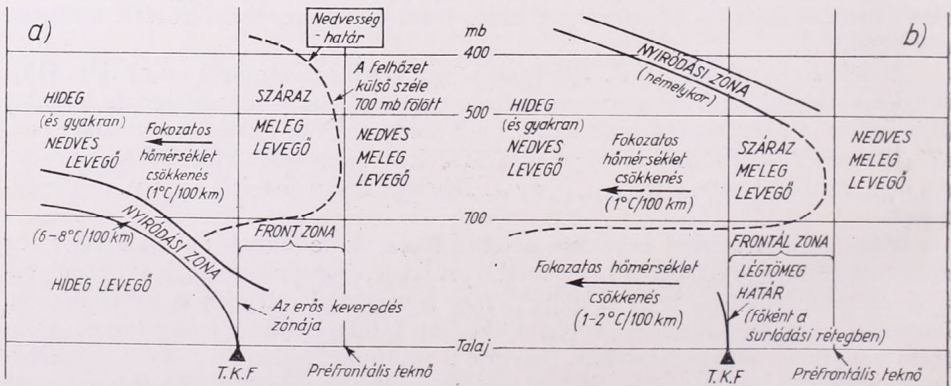


4. ábra. Talajközeli hideg front analízise a szinoptikus térképen: a) J. Bjerknes analízise (elsődleges és másodlagos hideg fronttal); b) Miles analízise (a szaggatott vonal az első szélfordulást jelöli)

Külön foglalkozik Miles a hideg ék problémájával. A széria mérésekkel vizsgált 6 front közül csak egyetlen volt olyan, ahol az ék jól definiálható volt, míg a többi esetben az átmeneti zóna csaknem függélyes, vagy enyhe dőlést mutatott. Ezek alapján az a véleménye, hogy „a hideg ék... a legtöbb hideg frontnak nem létfontosságú része. Csak ritkán siklik fel rajta a meleg kevegő, és a prefrontális csapadék szinte semmi kapcsolatban nincs vele”.

Az átlagos viszonyok alapján Miles a hideg frontok két sematikus modelljét állította elő, amelyeket az 5/a, b ábrán mutatunk be. A két modell közös sajátossága a közel függélyes nedvességi választóvonal, amely többnyire a 700 mb-os szint fölött és a front talajközeli vonala előtt található.

A hideg ék egzisztenciáját W. Schwerdtfeger és N. D. Strommen vizsgálata is kétségre vonja [35]. Az óránkénti szondázásokból készített függőleges metszeteken

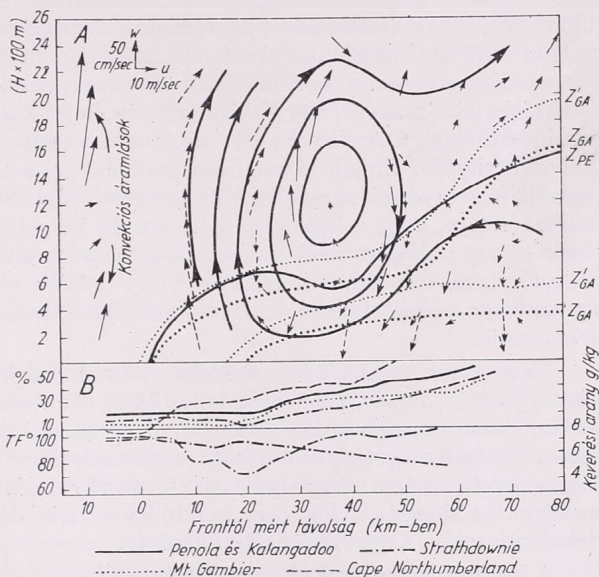


5. ábra. A hideg frontok két tipikus struktúrájának modellje (Miles szerint): a) hideg ék esetében; b) hideg ék nélkül. (T. K. F. a talajközeli hideg front jele)

ők sem találtak dönt diszkontinuitási felületet, a lehülés az 500 és 8000 m-es rétegben közel függőleges oszlopban következett be. A frontra merőleges szélösszetevők minden szinten meghaladták a front talajközeli sebességét, ami ellentmond az ékről vallott felfogásnak.

A hideg frontok és a szubtrópusi tengerpart vidékén fellépő frontszerű képződmények (amelyeknél a többnyire sekély légréteg ék alakot ölt) alapos és rendszeres kutatása folyt Ausztráliában az 50-es és 60-as években [36, 37, 38, 39, 40].

6. ábra. Kettős „cool-change” vonal függőleges metszete (Berson szerint). Az A ábrán a folytonos vonalak a relatív szélvektorokat és a relatív áramvonalakat jelölik az első változási vonalnál; a második vonal feláramlását szaggatott nyilak jelölik. A párhuzamos pontozott vonalak a kettős cool-change vonal nyíródási zónájának alsó és felső határát jelölik. A B ábrán a feltüntetett állomások hőmérséklet és nedvesség regisztrátumai láthatók



Bár a vizsgált objektumok (pl. sea breeze-ek) nálunk egyáltalában nem fordulnak elő és a frontok szerkezete is eltér a mérsékelt szélességek frontjainak sajátosságaitól, az ötletes vizsgálati módszerek és a hideg éken belül földerített mechanizmusok megkülönböztetett figyelmet érdemelnek. A vizsgálatokat itt is sűrű időközben végzett széria-mérések alapján végezték.

F. A. Berson szerint a beékelődő hideg levegő alakját — Miles eredményeihez hasonlóan — dönt nyíródási réteg jellemzi [38]. A nyíródási réteg dőlésében egy vízszintes (dip) mutatkozik, s ezt erősen meredek szakasz követi. A nyíródási réteg dip előtti szakaszát Berson orrnak nevezi. Kimutatja, hogy az orr analóg a rétegzett folyadékokban keveredéskor megfigyelhető fejjel (Schmidt-kísérlet).

A hideg ékre vonatkozó klasszikus elmélet szerint a választófelületen nem hatolhat át tömegáram. Berson egy eset részletes vizsgálata alapján kimutatta, hogy a dönt nyíródási felületen a tömegáram pozitív és negatív irányban egyaránt jelentős. Megfontolása szerint, ha a talaj közelében a nyíródási réteg alatt konvergencia van, akkor a hideg éken belül anacirkulációnak kell kialakulni, amit katacirkulációnak kell követnie. Az ausztrál szerzők által „cool change”-nek nevezett és a hideg front-hoz hasonló hideg beáramlás nyíródási rétegének keresztmetszetét és relatív áramlási vonalait a 6. ábrán mutatjuk be. Itt világosan látható, hogy a dönt nyíródási réteg elülső részén helyezkedik el a cirkuláció feláramló ága, melynek középpontja a dip fölött található, majd ezt a katacirkuláció követi. A függőleges áramlást jelölő nyilak egyben azt is mutatják, hogy a fölfelé irányuló tömegátvitel meghaladja a lefelé irányulót.

Berson eredményeinél ki kell emelnünk azt a tényt, hogy vizsgálataiban a maga nemében páratlan megfigyelési anyagra támaszkodott és először mutatta ki konkrét mérési anyagból frontszerű képződményen keresztül vízszintes tengelyű cirkuláció jelenlétét.

R. H. Clarke, aki a frontok szerkezetének vizsgálatához már a mezoszínoptika eredményeit is felhasználta, 10 hideg front és 9 sea breeze tanulmányozása alapján megerősíti *Berson* következtetéseit [39]. A relatív áramlási mezők függőleges metszetein csaknem minden vizsgált esetben legalább egy cirkulációs cella található, különbség csupán a cella középpontjának helyzetében mutatkozik. Később elméletileg is kimutatta, hogy ha a Coriolis-erő hatását nem tekintjük, akkor ezek a cirkulációk vízszintes tengelyű kétdimenziós örvények, amelyek csak a mezo- vagy mikroskálán fordulhatnak elő [40]. Bebizonyította, hogy a légköri és a rétegzett folyadékok vízszintes tengelyű örvényei a hidrodinamikai ideális kétdimenziós rendszerek örvényeivel leírhatók. Ennek bizonyítására elméletileg állította elő az előzőekben tárgyalt *Schmidt*-féle örvényt, melynek lapultnak és elliptikusnak kell lennie. Ezzel *Clarke* bebizonyította, hogy a légkörben horizontális tengelyű örvények létezhetnek a mozgások olyan skáláján, ahol a Coriolis-erő hatása elhanyagolható. Ez a mezoskála, melynek karakterisztikus hossza 200 km. A kétféle közeg örvényei között a különbség az, hogy a légköri cirkuláció 4—5-ször intenzívebb, mint a rétegzett folyadékok cirkulációja.

Az ausztrál szerzők fenti eredményei rendkívül jelentősek, mert alapos bizonyítékát nyújtják annak, hogy még lapos hideg ékek esetében sem beszélhetünk a légkörben klasszikus választófelületről, amelyen keresztül áramlás per definitionem lehetetlen, miután a sűrűségi kontraszt zónáit mind a nyíródás, mind a turbulens hőfluxus következtében a légpályák átmetszik. *Berson* és *Clarke* eredményei tehát ellentmondanak a hideg éken föl- vagy lesikló levegő triviális szemléletének, mert az ékeken cirkulációs mozgás, nem pedig siklás történik.

A frontok mezo-struktúrájának több új jelenségére derítettek fényt *R. D. Elliott* és *E. L. Hovind* vizsgálatai, melyek szintén különleges mérési szériák eredményeire épültek [41, 42, 43]. Első eredményük a szervezett konvekciós szalagok felfedezése volt a frontok fő csapadék zónájában [41]. A csapadékontenzitás adatainak 15 perces felbontású analíziseiből kitudt, hogy a frontális csapadékok komplexumába konvektív záporok ágyazódnak be, melyek szervezett sávokba rendeződve 25 mf/óra sebességgel haladnak. Szélességük általában 20—40 mf és egymástól 30—60 mf távolságra helyezkednek el. Egy-egy szalag legalább 3 órán keresztül, és kb. 160 mf-ön át követhető. A szalagok konvekciós cellákból állnak, méreteiket és intenzitásukat speciális csapadékmérők regisztrátumaiból és radarmegfigyelésekből határozták meg. (Érdekes, hogy e speciális regisztrátumokon a cellák határai megbízhatóbban voltak azonosíthatók, mint a radar képeken). A cellák átmérője 2—4 mf kiterjedésű volt. Föltételezik, hogy a szalag vezető éle előtt konvergencia, mögötte divergencia található. Haladási irányuk a 3000 m-es szint szélirányától jobbra tér el, sebességük kisebb, mint a szinten mért szél sebességének a szalagokra merőleges komponense. Szoros kapcsolat áll fenn a szalagok és a troposféra szélmezejének nyíródása között is. Megállapítják, hogy ezek a mezoméretű szervezett konvekciós szalagok a trópuson kívüli ciklonok általános sajátosságai.

A frontok mezo-struktúrájának földerítését célzó további vizsgálatokban [43] a maximális csapadékontenzitás területei fölött észlelt viszonylagos szárazságot a *Sawyer* által is leírt száraz zóna jelenlétére vezetik vissza. A százalékos felhő-előfordulás izopléta hullámai 4 órás periodicitást mutatnak, amely 200 km-es térbeli távolságnak felel meg. Ezt az értéket a frontok reprezentatív mezo-léptékű sajátosságának tekintik. Kimutatták, hogy a frontálzónával közel párhuzamosan meleg és

nedves illetve száraz, hideg cellák követik egymást; ezek a térben szeparált cellák a frontálzónák tipikus sajátosságai. Átlagos horizontális kiterjedésük 200—300 km, ami megfelel a felhőeloszlás periodicitásának.

A frontok kinematikai jellemzőinek földérítése során felismerték a frontális cirkuláció ún. „*kémény effektus*” jelenségét, amely fölfelé irányuló relatív áramvonalak prefrontális sűrűsödési zónája. Ez a maximális csapadékintenzitást meghatározó zóna közvetlenül a front előtt található.

Elliott és *Hovind* a frontálzónák termodinamikai és energetikai sajátosságainak vizsgálatához a frontokat erős és gyenge csapadékaktivitású csoportra osztotta. Kitént, hogy az erős frontok termodinamikai egyensúlyát a hőmérsékleti advekcio és a konvektív mozgás, míg gyenge frontoknál az advekcio és a függőleges sebesség viszonya határozza meg; ugyanakkor erős frontoknál az advekcio, a gyengéknél a függőleges sebesség játssza az alapvető szerepet. Az erős frontokat kísérő magas hideg advekcio és az alacsony meleg advekcio a frontot mintegy 100—150 km-rel előzi meg, szemben a gyenge frontokkal, ahol a hideg advekcio közvetlenül a front fölött található és gyengébb.

Az erős frontok hőegyensúlyát meghatározó advektív és konvektív tag szerepéről tett megállapítások megegyeznek *D. C. House* ciklon modelljével [44], amelynél az instabilitási vonalat a hideg levegő magassági előretörése és az alacsony szintek egyidejű jet-je hozza létre.

Igen figyelemreméltó gondolatokat vet fel *Elliot* és *Hovind* a konvektív folyamatoknak a ciklon és a front fejlődésében betöltött szerepéről. Bár ezt az elképzelésüket vizsgálatokkal nem igazolták, eredeti problémafelvetésük nagyon gondolatkeltő. Szerintük a ciklon energia-átalakulásában a konvekcio jelentős szerepet tölt be. Számításaik szerint a ciklon potenciális energiájának az a része, amely a konvektív mozgás kinetikai energiájává alakul, a frontálzónákban 10-szer nagyobb, mint a szinoptikus skálán. A konvekcio tehát a ciklonális, vagy a frontális cirkuláció szempontjából energiacsökkenést jelent, miután a rendszer potenciális energiája nem a front, vagy a ciklon kinetikai energiáját növeli, hanem a konvektív mozgást jellemző turbulencia és sűrűlódás folytán szétszóródik. Ennek következtében a konvekcio a ciklon- és frontrendszerre fékező hatást fejt ki, mivel gátolja a rendszer előrehaladását. Ha a fronton nem alakulnak ki mezométerű konvektív rendszerek, akkor az objektum gyorsulni fog, azaz a rendelkezésre álló potenciális energia kinetikai energiává alakulhat. Ez a kinetikus energia növekedés tükröződik az okklúziós folyamat gyorsulásában is. (Megjegyezzük, hogy az instabilitási vonalak tanulmányozása során mi is azt tapasztaltuk, hogy a vonal disszipációját követően a ciklon nyitott meleg szektora feltűnő gyorsan okkludálódik).

Elliott és *Hovind* vizsgálatainak legfőbb eredménye abban foglalható össze, hogy a frontálzónában a nagyléptékű mozgásokon kívül kimutatták a front energia egyensúlyának fenntartásában közreműködő 3 szeparált mozgási skála jelenlétét. Eszerint a mezoléptékű cellák és hullámok, a konvekciós szalagok és a konvekciós cellák a frontálzóna integráns részei.

Megemlékezésünk végére érve, ha azt az egyszerű kérdést tesszük fel, hogy *mi is tulajdonképpen a front*, nagyon nehéz a válaszadás, mert nincs kidolgozva egy minden szempontból elfogadható front-modell. E modell megalkotásához még sok, a fentiekhez hasonló és rajtuk túlmutató vizsgálatra van szükség. A szemle tárgyát alkotó frontvizsgálatok különböző helyekről származnak és a vizsgált objektumok általános tulajdonságaik ellenére sok vonatkozásban már eleve különböznek egymástól. Annyi azonban az ismertetett vizsgálatokból is kiténik, hogy a frontálzónák különböző tér-idő léptékű mozgásainak és energetikai folyamatainak ismerete nélkül nem várható lényeges javulás a frontokkal összefüggő időjárási jelenségek előrejelzésében, sőt a to-

vábbi kutatások a ciklonfejlődés nyitott kérdéseinek megoldásához is nélkülözhetetlenek.

Úgy véljük, hogy a frontok mezoléptékű rendszereinek ismerete különösen fontos a kis földrajzi térségek szinoptikusai számára, akiknek prognózis területe olyan kicsi, hogy adekvát előrejelzés e rendszerek ismerete nélkül nem lehetséges.

I R O D A L O M

- [1] *J. Bjerknes*: On the Structure of the Moving Cyclones. Geofysiske Publikationer, Vol. I., No. 2. 1919.
- [2] *M. Margules*: Über die Energie der Stürme. Jahrbücher der K. K. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Offizielle Publikation, Jahrgang 1903. Wien, 1905.
- [3] *M. Margules*: Zur Sturmtheorie. Meteorologische Zeitschrift, Band 23, Heft 11, 1906.
- [4] *M. Margules*: Über Temperaturschichtung in stationärer bewegter und in ruhender Luft. Meteorologische Zeitschrift, Hann-Band, 1906.
- [5] *H. von Helmholtz*: Über atmosphärische Bewegungen. Meteorologische Zeitschrift, Jahrgang 5, 1888.
- [6] *V. Bjerknes*: On the Dynamics of the Circular Vortex with Application to the Atmosphere and Atmospheric Vortex and Wave Motions. Geofysiske Publikationer, Vol. II., No. 4. 1921.
- [7] *V. Bjerknes, J. Bjerknes, H. Solberg, T. Bergeron*: Physikalische Hydrodynamik mit Anwendung auf die Dynamische Meteorologie. Berlin, 1933.
- [8] *H. Koschmieder*: Dynamische Meteorologie. Leipzig, 1941.
- [9] *W. Schmidt*: Zur Mechanik der Böen. Meteorologische Zeitschrift, Band 28, Heft 8. 1911.
- [10] *J. Bjerknes*: Über die Fortbewegung der Konvergenz- und Divergenzlinien. Meteorologische Zeitschrift, Band 34, Heft 10/11. 1917.
- [11] *J. Bjerknes, H. Solberg*: Meteorological Conditions for the Formation of Rain. Geofysiske Publikationer, Vol. II., No. 3. 1921.
- [12] *J. Bjerknes, H. Solberg*: Life Cycle of Cyclones and the Polar Front Theory of Atmospheric Circulation. Geofysiske Publikationer, Vol. III., No. 1. 1922.
- [13] *T. Bergeron, G. Swoboda*: Wellen und Wirbel an einer quasistationären Grenzfläche über Europa. Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig, Band 3. Leipzig, 1924—27.
- [14] *E. G. Culwagen*: Zur Diagnose und Prognose Lokaler Sommerschauer. Geofysiske Publikationer, Vol. III., No. 10. 1926.
- [15] *G. Stüve*: Aerologische Untersuchungen zum Zwecke der Wetterdiagnose. Die Arbeiten des Preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg, Band 14. 1922.
- [16] *G. Stüve*: Gleitflächen und Pilotwindmessungen. Meteorologische Zeitschrift, Band 42, Heft 3. 1925.
- [17] *G. Stüve*: Wolken und Gleitflächen. Die Arbeiten des Preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg, Band 15. 1926.
- [18] *J. Bjerknes*: Diagnostic and Prognostic Application of Mountain Observations. Geofysiske Publikationer, Vol. III., No. 6. 1924.
- [19] *J. Bjerknes*: Practical Examples of Polar Front Analysis over the British Isles in 1925—26. Meteorological Office Geophysical Memoirs, No. 50. 1930.
- [20] *J. Bjerknes*: The Structure of Fronts. The Meteorological Magazine, Vol. 61, No. 721. 1926.
- [21] *M. A. Giblett*: Upper Air Conditions after a Line "Squall". Nature, 1923.
- [22] *T. Bergeron*: Über die dreidimensional verknüpfende Wetteranalyse. Erster Teil. Geofysiske Publikationer, Vol. V., No. 6. 1928.
- [23] *T. Bergeron*: On the Physics of Fronts. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 18, No. 9. 1937.
- [24] *S. Pettersen*: Weather Analysis and Forecasting. 1940.
- [25] *S. Pettersen*: Weather Analysis and Forecasting. New York — Toronto — London, 1956.
- [26] *W. Bleeker*: Fronts and the Jet-Stream. Historical Remarks and Objections to the Frontal Theory. Meteorologische Abhandlungen, Band 9, Heft 1. 1960.
- [27] *W. Bleeker*: Fronts and the Jet-Stream; the Front as a Circulation System. Meteorologische Abhandlungen, Band 9, Heft 1. 1960.
- [28] *H. W. Sansom*: A Study of Cold Fronts over the British Isles. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 77, No. 331. 1951.
- [29] *J. S. Sawyer*: The Free Atmosphere in the Vicinity of Fronts. Geophysical Memoirs, No. 96. 1955.
- [30] *J. S. Sawyer*: Temperature, Humidity and Cloud near Fronts in the Middle and Upper Troposphere. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 84, No. 362. 1958.
- [31] *M. H. Freeman*: Fronts Investigated by the Meteorological Research Flight. The Meteorological Magazine, Vol. 90, No. 1068. 1961.
- [32] *A. Eliassen*: On the Vertical Circulation in Frontal Zones. Geofysiske Publikationer, Vol. 24. 1962.
- [33] *U. Hengelhaupt*: Aerologische Feinanalyse von Fronten an Hand von Serienaufstiegen mit amerikanischen Sendern. Meteorologische Abhandlungen, Band 51, Heft 4. 1965.
- [34] *M. K. Miles*: Wind, Temperature and Humidity Distribution at Some Cold Fronts over SE-England. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 88, No. 377. 1962.
- [35] *W. Schwardtfejer, N. D. Strommen*: Structure of a Cold Front near the Center of an Extratropical Depression. Monthly Weather Review, Vol. 92, No. 11. 1964.
- [36] *F. A. Berson, D. G. Reid and A. J. Troup*: The Sommer Cool Change of Southeastern Australia, I. Division of Meteorological Physics, Technical Paper, No. 8. C. S. I. R. O. Melbourne, 1957.
- [37] *T. Kamiko*: Detailed Structure of two Subtropical Frontal Zones. Australian Meteorological Magazine, No. 46. 1964.
- [38] *F. A. Berson*: Some Measurements on Undercutting Cold Air. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 84, No. 359. 1958.
- [39] *R. H. Clarke*: Mesostructure of Dry Cold Fronts over Featureless Terrain. Journal of Meteorology, Vol. 18, No. 6. 1961.
- [40] *R. H. Clarke*: Horizontal Mesoscale Vortices in the Atmosphere. Australian Meteorological Magazine, No. 50. 1965.
- [41] *R. D. Elliott and E. L. Hovind*: On Convection Bands Within Pacific Coast Storms and Their Relation to Storm Structure. Journal of Applied Meteorology, Vol. 3, No. 2. 1964.
- [42] *R. D. Elliott and E. L. Hovind*: The Water Balance of Orographic Clouds. Journal of Applied Meteorology, Vol. 3, No. 3. 1964.
- [43] *R. D. Elliott and E. L. Hovind*: Heat Water and Vorticity Balance in Frontal Zones. Journal of Applied Meteorology Vol. 4, No. 2. 1965.
- [44] *D. C. House*: Forecasting Tornadoes and Severe Thunderstorms. Meteorological Monographs, Vol. 5, No. 27. 1963.

Zur Frage der rationellen Planung des Beobachtungsnetzes der Lufttemperatur*

A hőmérsékletmérő állomáshálózat racionális tervezésének kérdéséről. A szerzők kísérletet tesznek arra, hogy a számítógépek alkalmazásával az eddignél megbízhatóbb adatokat nyerjenek a hőmérséklet mezejének statisztikai szerkezetéről és ennek alapján tanulmányozzák a követelmények kérdésését olyan állomáshálózat sűrűségével szemben, amely napi közepes hőmérsékleti adatokat szolgáltat. Céljuk volt a Szovjetuniónak és lehetőleg tőle délre eső területeknek a fenti szempontból való vizsgálata. Utóbbihoz megfelelő adatok Kelet-Kínából állottak rendelkezésre, a Szovjetunióból pedig Nyugat-Szibériából és a Bajkálon túli területről. A feldolgozás során először az empirikus korrelációs függvényeket számfőtötták ki az állomások egymás közötti távolságával kapcsolatban. Ezek az empirikus korrelációs függvények közelítőleg jól leírhatók az (1) alatti formulával, valamint a (3) alatti egyenlettel, mely a „valódi” korrelációs függvények kifejezője. A [6] közlemény formuláinak felhasználásával aránylag egyszerű kifejezések: (4) és (6) nyerhetők az interpoláció hibájának a meghatározására, ami elvezet az állomáshálózat célszerű sűrűségének a megállapításához is. Az említett két szibériai terület korrelációs függvényei között a különbség jelentős, ami a domborzat eltérő jellegével függ össze. A Bajkálon túl az interpoláció hibái is nagyobbak, mint Nyugat-Szibériában. Azonos térés mellett azonban a hibák értéke egyforma, ha pl. Nyugat-Szibériában a távolság az állomások között 100 km, míg a Bajkálon túl 25 km. Éppen így különböző állomáshálózat sűrűség felel meg az egyes évszakoknak is, sőt az interpoláció maximálisan megengedett hibája úgy választható meg, hogy kisebb körzetekben a népgazdaság sajátossága irányítja az állomáshálózat sűrűségét, ha a szövegforgó meteorológiai elem a sajátosság szempontjából fontos. Végeredményben tehát az állomáshálózat sűrűségét gazdaságossági elképzelések alapján kell megállapítani az [5]-ben foglalt javaslat szerint.

✱

К вопросу о рациональном планировании сети наблюдений за температурой воздуха. Авторы делают попытку получить путем применения ЭЦВМ более достоверные данные о статистической структуре температурного поля и тем самым изучить вопрос о требованиях, предъявляемых к плотности сети наблюдений, необходимой для получения данных о средних суточных температурах. Соответствующие данные относятся к Западной Сибири, Забайкалью и Восточному Китаю. В процессе обработки сначала вычислялись эмпирические корреляционные функции в связи с расстояниями между станциями. Эти эмпирические корреляционные функции в хорошем приближении описываются формулой (1), а также уравнением (3), выражающим «истинные» корреляционные функции. Путем использования формул работы [6] получают сравнительно простые выражения (4) и (6) для определения погрешности интерполяции, что приводит и к определению рациональной густоты сети наблюдений. Между корреляционными функциями двух сибирских областей намечается значительная разница, что связано с различным характером их рельефа. В Забайкалье погрешности интерполяции более значительны, чем в Западной Сибири. Однако при равном допуске величины погрешностей одинаковы, если напр. в Западной Сибири расстояние между станциями составляет 100 км, в то время как в Забайкалье — 25 км. Точно так же различная плотность станций соответствует и отдельным сезонам, причем максимальная величина допускаемой погрешности может быть подобрана с таким расчетом, чтобы плотность станций в небольших районах определялась особенностями народного хозяйства, если рассматриваемый метеорологический элемент имеет значение с точки зрения этих особенностей. Следовательно, плотность сети станций должна быть определена по экономическим соображениям, согласно рекомендаций, приведенных в работе [5].

✱

* Vortrag, abgehalten am vom Meteorologischen Dienst der Ungarischen Volksrepublik über das Thema „Statistische Struktur der meteorologischen Felder und rationelle Stationsdichte“ am 23—25. April 1968 in Budapest veranstalteten internationalen Symposium.

Vormerkung: Es sind Angaben der räumlichen statistischen Struktur der mittleren Tagestemperatur der Luft in Ostchina und in zwei Gebieten des Asiatischen Teiles der Sowjetunion erhalten worden. Diese Angaben werden für die Bewertung der rationellen Dichte der Beobachtungsstellen in den erwähnten Gebieten benutzt.

Seit den klassischen Arbeiten von O. A. Drosdow und A. A. Schepelewskij [1] ist es allgemein bekannt, dass die rationelle Dichte des meteorologischen Beobachtungsnetzes darf nur auf der Grundlage von Angaben der räumlichen Struktur messbarer Grössen bestimmt werden. Die in [1] ausgearbeitete Methode der Bewertung der

Fehler der Interpolation in Abhängigkeit von der Dichte des Netzes wurde in einer Reihe von Forschungsarbeiten über das Problem der Rationalisierung des Stationsnetzes angewandt (siehe z. B. [2]). Bei der Ausführung mussten die Berechnungen der statistischen Struktur von Hand vollbracht werden, was aber notgedrungen teils das Volumen des zur Bearbeitung gelangenden Materiales, teils die statistische Sicherstellung der Ergebnisse herabsetzte. In neuerer Zeit erleichterte die Anwendung der Rechenautomaten (EBM) wesentlich die Berechnung der statistischen Struktur meteorologischer Felder. Solche Arbeiten sind in grosser Zahl für meteorologische Felder in mit der Aufgabe ihrer objektiven Analyse [3]. Für Felder in der Nähe der Bodenoberfläche fehlen aber solche Berechnungen beinahe gänzlich.

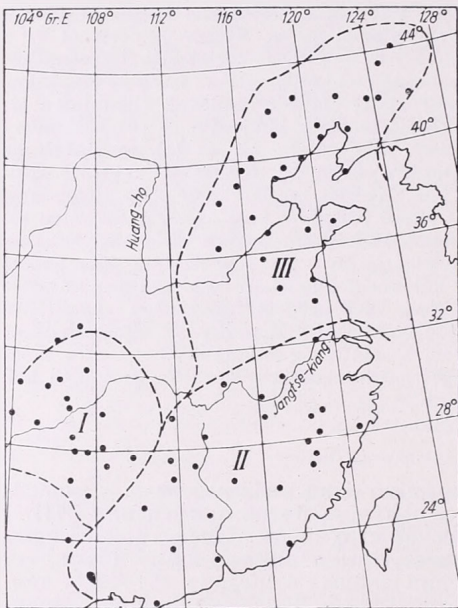


Abb. 1. Verteilung der Punkte, deren Angaben zur Bestimmung der Korrelationsfunktionen der Temperatur in Ostchina benutzt worden sind

Angaben wird die Frage der Anforderungen an die Dichte der Stationen, die Tagesmittel der Temperatur liefern, erörtert. Im Laufe der Bewertungen für die Gebiete der Sowjetunion bedeutete es besonderes Interesse solche Berechnungen für die mehr südlich liegende Bezirke durchzuführen, für welche die bisher ausgeblieben sind.

Das einzige Gebiet, aus welchem wir über genügender Anzahl der Angaben verfügten, war das östliche Gebiet Chinas. Dieses Gebiet war ursprünglich auf drei Bezirke zerlegt und jedem Bezirk konnte man Angaben von ung. 30 meteorologischen Stationen verwerten. Die Aufteilung des Gebietes auf Bezirke und Lage der Beobachtungsstellen sind auf der Abb. 1. schematisch vorgestellt. Als Ausgangsangaben dienten werte der täglichen mittleren* Lufttemperatur der Jahre 1951—53 für vier Monate: Januar, April, Juli und Oktober. Von jeder Station sind die Angaben von 3 Tagen (zur Verminderung der zeitlichen Bündigkeit der Ausgangsreihen) benutzt, also im ganzen 39 Werte.

* Die mittlere Tagestemperatur wurde bei den meisten Stationen als Mittelwert der Lufttemperatur für 6, 16, 21 Uhr mittleres Sonnentzeit bestimmt. Nur bei wenigen Stationen konnte es aus Angaben von registrierapparaten festgestellt werden.

Die Berechnung der statistischen Struktur wurde auf EBM „Ural-4“ für jeden Bezirk und für jeden Monat gesondert durchgeführt.

Bei der Berechnung der korrelativen Struktur des Feldes der Temperatur in der freien Atmosphäre stellte sich heraus (siehe z. B. [3]), dass sie bis zu einer Entfernung von 1000—1500 km für klimatologisch homogen angesehen werden kann. Die Koeffizienten der Korrelation und Kovarianz (nicht normierter Koeffizient der Korrelation) für beliebige Punktpaare praktisch nur von der Entfernung zwischen ihnen abhängen. Eben darum kann die Berechnung so der Korrelations- wie der Kovarianzfunktionen unter Annahme der Homogenität und Isotropie erfolgen, was die Berechnung wesentlich vereinfacht.

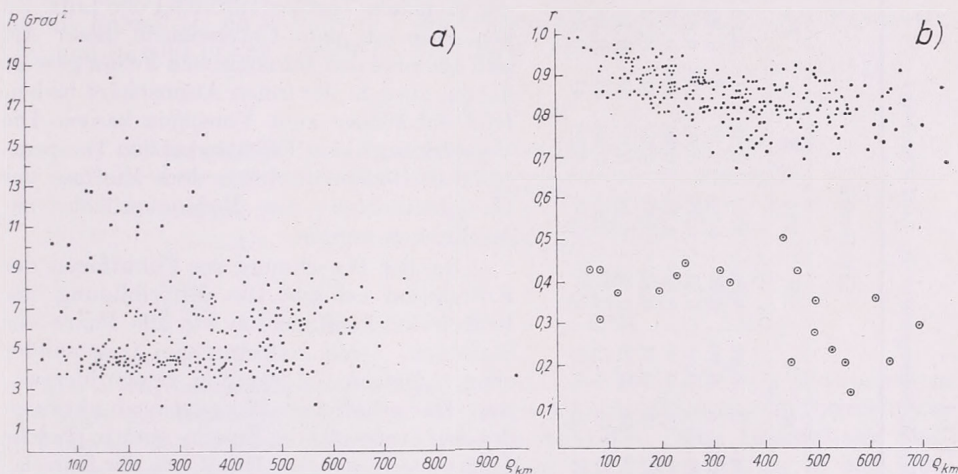


Abb. 2. Abhängigkeit der Elemente der Matrize der Kovarianz (a) und der Korrelation (b) der Tagesmittel der Lufttemperatur von der Entfernung zwischen den Stationen (China, 1-er Bezirk, Januar)

Um die Richtigkeit der Hypothese der Homogenität und Isotropie bei dem Felde der Temperatur in Bodennähe zu kontrollieren, wurden die Funktionen der Korrelation und Kovarianz mit dieser Annahme berechnet, ausserdem auch die Kovarianz- und Korrelations-matrizen, d. h. Tabellen der individuellen Werte der Koeffizienten der Kovarianz und Korrelation für jedes Stationspaar.

Als Ergebnis stellte es sich schnell heraus, dass die Annahme der Homogenität und Isotropie für die Funktionen der Kovarianz der täglichen mittleren Temperatur der Luft sich überhaupt nicht bewahrheitet, aber für die Funktionen der Korrelation diese Hypothese vollkommen anwendbar ist. Das ist klar ersichtlich aus Abb. 2, wo das Graphikon der Abhängigkeit der Koeffizienten der Kovarianz (Abb. 2a) und der Korrelation (Abb. 2b) von der Entfernung zwischen den Stationen für Januar im 1-ten Bezirk dargestellt sind. In der Abb. 2a kann man beinahe keine Abhängigkeit wahrnehmen, daweil sozusagen alle Punkte in Abb. 2b liegen nahe zur Kurve, welche entlang dieser Punkte gelegt ist. Noch dazu alle „herauspringenden“ Punkte, welche in Abb. 2b mit kleinen Kreisen bezeichnet sind, entsprechen Elementen derselben Zeile der Matrize der Korrelation d. h. den Korrelationskoeffizienten der Temperatur auf einer beliebigen Station mit allen übrigen Stationen. Es folgt daraus, dass die Angaben dieser Station entweder fehlerhaft sind, oder — auf alle Fälle — nicht repräsentativ sind und darum dem Ausfall unterliegen.

Es zeigt sich also, dass die Annahme der Homogenität und Isotropie des Feldes

men sie sich bedeutend schneller ab, als während der übrigen Jahreszeiten, was — wahrscheinlich — mit der regelmässigen Veränderung der Schichtenstruktur infolge überadiabatischer Gradienten der Temperatur im Sommer in Verbindung steht.

Im weiteren werden wir die empirischen Werte der Korrelationsfunktionen mit folgender exponentialen Formel annähern

$$r'(\varrho) = r'(0) e^{-(\varrho/\varrho_0)^m} \quad (1)$$

Hier bedeutet ϱ — die Entfernung, ϱ_0 — den Radius der Korrelation, d. h. die Entfernung, an welcher die Korrelation sich e -mal abnimmt, m — der Parameter der Struktur ($0 \leq m \leq 2$).

Die in der Tabelle I angeführten Korrelationsfunktionen können zufriedenstellend mit Formel (1) im Falle $m = 1$ beschrieben werden. Die Werte der Parameter $r'(0)$ und ϱ_0 sind in der Tabelle II dargestellt worden.

TABELLE II

Abhängigkeit der Parameter der Korrelationsfunktion von der Jahreszeit

Parameter	Monate			
	I	IV	VII	X
$r'(0)$	0,94	0,99	0,98	0,99
ϱ_0 km	2200	2300	540	2300
η	0,06	0,01	0,02	0,01

Die Werte der empirischen Korrelationsfunktionen sind bei kleinen Entfernungen $r'(0)$ wegen der Messungsfehler und des Einflusses der mikroklimatischen Unterschiede im Umkreis der Station von der Einheit verschieden. Diese Unterschiede sind im Winter am grössten. Das kann im Einfluss der Ungleichheiten in den winterlichen Temperaturinversionen seinen Grund haben, welche durch die geringe Unebenheiten der Bodenfläche verursacht werden. Auf der Tabelle II sind auch die Werte der Fehler ersichtlich, die teils durch unpünktliche Beobachtung, teils durch mikroklimatische Ungleichheiten entstehen. Diese Grösse, welche das Verhältnis der Streuung der Fehler zur Streuung der unter Forschung stehenden Grösse angibt, wird mit η bezeichnet, und berechnet nach der Gleichung

$$\eta = \frac{1 - r'(0)}{r'(0)}. \quad (2)$$

Von der empirischen Korrelationsfunktion $r'(\varrho)$ zur „wahren“ Korrelationsfunktion $r(\varrho)$ übergehend bekommen wir

$$r(\varrho) = e^{-(\varrho/\varrho_0)^m}. \quad (3)$$

Wenn wir die Form der Korrelationsfunktion kennen, wird er unschwer die Werte des Masses des Fehlers der linearen Interpolation, d. h. das Verhältnis der Streuung der Fehler zur Streuung der Tagesmittel der Temperatur selbst einzuschätzen. Unter Benutzung der Formeln (53)—(55) des Artikels [6] und Auflösung der Korrelationsfunktion in Reihenform ist es möglich. Für nicht zu grosse Entfernungen ($\varrho \leq 0,4 \varrho_0$), ziemlich einfache Formeln für die Grösse der Fehler der Interpolation ε zu bekommen.

Nämlich bei der Interpolation auf die Mitte einer Teilstrecke mit der Länge l (Entfernung zwischen den Stationen) haben wir:

$$\varepsilon_2(l) = \eta/2 + K_2(m) [1 - r(l)], \quad (4)$$

$$K_2(m) = 2^{1-m} - 0,5. \quad (5)$$

Für das Mass des Fehlers der Interpolation auf den Mittelpunkt des Dreiecks mit der Seitenlänge l gilt

$$\varepsilon_3(l) = \eta/3 + K_3(m) [1 - r(l)], \quad (6)$$

bei

$$K_3(m) = 2(3^{-m/2} - 3^{-1}). \quad (7)$$

Aus der *Tabelle III*, an welcher die Werte der Multiplikatoren K_2 und K_3 für

TABELLE III

Abhängigkeit des K_2 und K_3 von dem Werte des Strukturparameters m

m	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
K_2	1,50	1,24	1,11	0,82	0,65	0,50	0,37	0,25	0,16	0,07	0,00
K_3	1,33	1,13	0,94	0,77	0,62	0,49	0,37	0,26	0,16	0,08	0,00

verschiedene Grössen des Parameters m angegeben sind, ist ersichtlich, dass sie sich voneinander wenig unterscheiden. Deshalb bezieht sich der grundlegende Unterschied zwischen den Formeln (4) und (6) auf jenen Teil der Interpolation, der durch die mikroklimatischen Unterschiede bestimmt wird. Vorerst werden wir den mittleren quadratischen relativen Fehler der Interpolation der Temperatur auf den Mittelpunkt des Dreiecks einschätzen. Für die vorliegenden Bezirke $m = 1$ und die Gleichung (6) nimmt folgende Gestalt an

$$\sqrt{\varepsilon(l)} = \sqrt{\eta/3 + 0,49 l/q_0}. \quad (6')$$

Die Abhängigkeit $\sqrt{\varepsilon}$ von l ist für die verschiedenen Jahreszeiten in *Abb. 3* vorgestellt.

Bei sehr dichtem Stationsnetz (kleiner l) ist der Fehler der Interpolation wegen der mikroklimatischen Unterschiede von 0 verschieden. Er ändert sich von 7% für die Übergangsjahreszeiten bis 14% für die winterliche Jahreszeit. Mit dem Lichterwerden des Netzes nimmt die Pünktlichkeit der Interpolation ab. Besonders rasch ist diese Abnahme im Sommer.

Es soll bemerkt werden, dass die Anwendung der optimalen Interpolation anstatt der linearen für die gebrauchten Entfernungen zwischen den Stationen l die Resultate nicht geändert hätte.

Sofern während eines Jahreszeit die Funktion $\varepsilon(l)$ für die verschiedene Bezirke des vorliegenden Gebietes gleichartig wäre, dann, wenn wir aus dem gegebenen relativen Fehler $\sqrt{\varepsilon}$ ausgehen, werden die Forderungen an die Dichte des Stationsnetzes ebenso gleichartig. Es scheint aber uns viel richtiger, nicht aus dem relativen, sondern aus dem absoluten Fehler der Interpolation auszugehen, der nach folgender Formel bestimmt wird

$$\sqrt{E} = \sigma \sqrt{\varepsilon}, \quad (8)$$

wo σ — die mittlere quadratische Abweichung der Interpoliert werdende Grösse bedeutet. Wenn wir dieses Kriterium für die Pünktlichkeit der Interpolation gebrau-

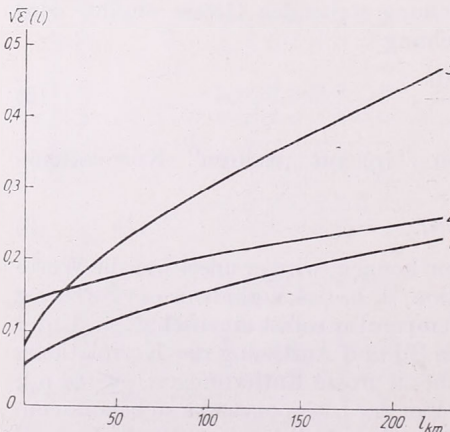


Abb. 3. Abhängigkeit des mittleren quadratischen relativen Fehlers der linearen Interpolation von der Entfernung zwischen den Stationen (Ostchina): 1. Januar, 2. April, Oktober, 3. Juli

chen, dann wird sich die maximalerweise zulässige Entfernung zwischen den Stationen auf dem Gebiet mit der Streuung ändern, so dass die Isolinien der empfehlenswerten Entfernungen l_m mit den Isolinien der Streuung zusammenfassen werden.

Solche Karten als Beispiele sind in der *Abb. 4* vorgelegt. Auf der ersten sind die Isolinien l_m für den Sommer dargestellt, die dem mittleren quadratischen Fehler \sqrt{E} der täglichen Mitteltemperatur $0,5^\circ\text{C}$ entsprechen. An der zweiten Karte sind die Isolinien l_m für den Winter eingezeichnet, wie $\sqrt{E} = 1,0^\circ\text{C}$ entsprechen. Dass für den Sommer und Winter verschiedene Werte von E genommen wurden, wahr es nicht nur damit verkunden, dass für eine Reihe angewandter Aufgaben die Temperatur mit grösserer Genauigkeit bekannt sein muss, als im Winter. Ausserdem die Grösse

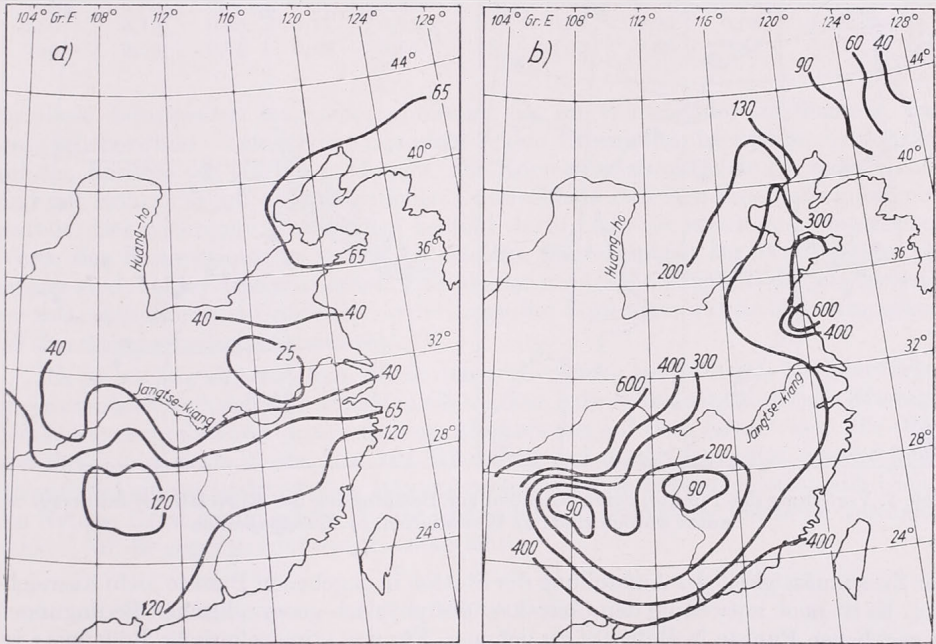


Abb. 4. Karte der maximalerweise zulässigen Entfernungen l_m km zwischen den Stationen für Ostchina: a) Sommer $\sqrt{E} = 0,5^\circ\text{C}$, b) Winter $\sqrt{E} = 1,0^\circ\text{C}$

$\sqrt{E} = 0,5^\circ\text{C}$ ist nicht erreichbar dort, wo die Streuung gross ist (in nördlichen Teile des erwähnten Gebietes) bei beliebiger Dichte der Stationen — das wird verhindert durch die Anwesenheit der mikroklimatischen Störungen, von welcher oben die Rede war. Es muss vor Augen gehalten werden, dass die Streuung der Lufttemperatur in der winterlichen Jahreszeit im allgemeinen gross ist, es übertrifft im erwähnten Bezirk 3—4-mal die Streuung im Sommer.

Die Tatsache, dass mit Hilfe der geschilderten Methode verschieden Forderungen an die Dichte der Stationen auf verschiedenen Teilen des Gebietes erhalten werden, zeigt sich als positive Eigenschaft dieser Methode. Was die Unterschiede dieser Forderungen in verschiedenen Jahreszeiten anbelangt, bei dem Entwerfen des Stationsnetzes — anscheinend — ist es zweckmässig sich von Angaben jener Jahreszeit leiten zu lassen, für welche die Forderungen an die Stationsdichte in gegebenen Bezirk an grössten sind. Mitsamt ist es zweckmässig auch solche Möglichkeiten im Auge zu halten wie z. B. dass der Betrieb einiger Stationen nur im Laufe einer Jahreszeit vor

sich geht oder dass an einigen Stationen der Umfang der Beobachtungen in einzelnen Jahreszeiten verkleinert wird.

Es ist zu bemerken, dass in Bezug zum aerologischen Stationsnetz unlängs möglich geworden ist, von der Berechnung der optimalen Stationsdichte zur Lösung jener Frage überzugehen, in welchen konkreten Punkten die notwendigen Ergänzungsstationen errichtet werden sollen. Diese Punkte werden durch apriorische, theoretische Einschätzung der möglichen Scherpunkt der Pünktlichkeit bei verschiedener Ausstellung der Ergänzungsstationen [4] gefunden. Im Falle des Netzes der klimatologischen Bodenstationen, infolge der ungleichartigkeit der bodennahen Felder, ist das Kriterium der Verminderung des theoretischen Fehlers der Interpolation für die Festsetzung

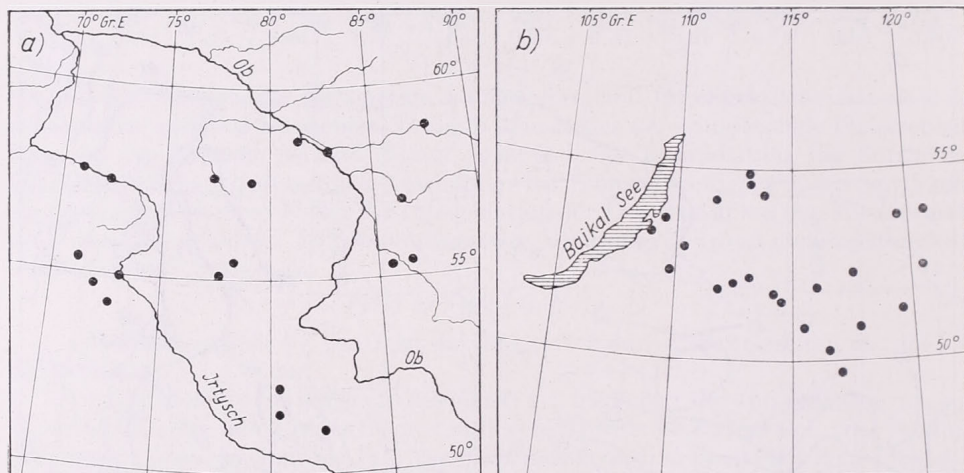


Abb. 5. Verteilung der Punkte, deren Angaben zur Bestimmung der Korrelationsfunktionen benutzt worden sind: a) Westsibirien, b) Transbaikalien

der Zweckmässigkeit der Aufstellung der Station in gegebenen Punkte nicht ausreichend. Es ist noch notwendig den Charakter des physisch-geographischen Bedingungen in gegebenen Punkte in Betracht zu nehmen. Für das klimatologische Bodennetz ist es deshalb zweckmässig in dieser Etappe sich auch das theoretische Einschätzung der vorgeschlagenen Stationsdichte zu beschränken.

Analoge Berechnungen sind für zwei Gebiete in asiatischen Teile der Sowjetunion: für Westsibirien und für Transbaikalien ausgeführt worden. Aus jedem Gebiet sind Angaben der täglichen Temperaturmittel der Luft von mehr als 20 Stationen benützt worden, welche N. V. Smirnowa und liebenswürdigerweise überliesst. Die schematische Verteilung der Stationen in den ausgewählten Gebieten ist ersichtlich in der Abb. 5. Aus jeden von den 4 Monaten, welche in die Berechnungen einbezogen waren, sind Angaben von 12 Jahren von 1946 bis 1957 in Gebrauch genommen worden, im Ganzen 196 Angaben für eine Station (aus jedem Monat sind die Angaben von 4 Tagen benützt worden).

Die erhaltenen Werte der Korrelationsfunktionen der täglichen mittleren Lufttemperatur sind in der Tabelle IV dargestellt.

Aus der Tab. IV. ist ersichtlich, dass für beide Gebiete die Korrelationsfunktionen der täglichen Temperaturmittel im Winter und Sommer voneinander wenig unterscheiden, folglich sie können vereinigt werden. Analog steht die Sache mit den Korrelationsfunktion für das Frühjahr und Herbst. Es ist zu bemerken, dass die Korrelation

TABELLE IV

Korrelationsfunktionen der täglichen mittleren Lufttemperatur
(Sowjetunion)

g km	Westsibirien					Transbaikalien				
	I	IV	VII	X	m	I	IV	VII	X	m
25	0,95	0,94	0,94	0,98	2	0,92	0,90	0,94	0,88	3
75	0,98	0,99	0,97	0,97	6	0,86	0,90	0,92	0,90	10
125	0,95	0,97	0,94	0,93	9	0,87	0,88	0,88	0,91	17
175	0,93	0,95	0,93	0,93	3	0,84	0,78	0,83	0,89	13
250	0,87	0,91	0,88	0,92	18	0,77	0,80	0,76	0,87	41
350	0,82	0,88	0,82	0,85	27	0,73	0,79	0,68	0,83	41
450	0,75	0,85	0,74	0,82	38	0,64	0,78	0,62	0,80	30
550	0,70	0,83	0,71	0,75	27	0,61	0,75	0,56	0,76	24
700	0,58	0,75	0,59	0,65	45	0,53	0,66	0,47	0,70	11

für diese Jahreszeiten langsamer abnimmt, als im Winter oder im Sommer, was — möglicherweise — eine Folge der nicht realen Korrelation ist und zurückführbar auf den Einfluss des jährlichen Ganges. Die Korrelationsfunktionen für jedes Gebiet sind mit Rücksicht auf die wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen gesondert vorgestellt. Der wichtigste Unterschied besteht darin, dass die erhaltenen empirischen Werte der Korrelationsfunktionen bei kleinen Entfernungen für Westsibirien viel grösser sind, als für Transbaikalien. Dies ist das natürliche Ergebnis der viel grössten mikroklimatischen Unterschiede der Lage der Stationen, welche charakteristisch für das transbaikalische Gebiet sind.

Es ist wichtig zu bemerken, das in den vorliegenden Gebieten das Feld der Streuung wesentlich einheitlicher ist, als in China. Für jede Jahreszeit macht die Streuung der Werte der mittleren quadratischen Abweichung auf dem Gebiet ung. 10—15% von ihrem mittleren Werte aus. Mit Rücksicht auf diesen Umstand besteht keine Notwendigkeit der ausführlichen Rayonierung des behandelten Gebietes nach Dichte des Netzes. Es ist genug solche Dichte einzuschätzen, welche der mittleren Veränderlichkeit für die gegebene Jahreszeit entspricht.

TABELLE V

Charakteristiken des Feldes der täglichen mittleren Temperatur

Charakteristik	Westsibirien				Transbaikalien			
	I	VII	IV	X	I	VII	IV	X
t Grad	—18,2	15,2	1,4	1,1	—25,7	17,7	—0,8	—2,6
σ Grad	8,1	3,4	5,4	4,8	6,5	2,9	4,3	4,4
$r^2(\theta)$	0,99		0,99		0,95		0,93	
q_0 km	1600		2200		1500		2200	
m	1,15		1,12		0,94		1,12	
η	0,01		0,01		0,05		0,07	

Die erhaltenen empirischen Korrelationsfunktionen können befriedigend mit Formel (1) beschrieben werden. Die Werte der in die Formel (1) eingehenden Parameter, weiter die räumlichen Durchschnittswerte der Temperaturmittel und der mittleren quadratischen Abweichung sind in der *Tabelle V.* dargestellt.

Die nach den Formeln (6) und (8) berechneten Werte der mittleren quadratischen Fehler der Interpolation \sqrt{E} für einige Entfernungen l sind auf der *Tabelle VI.* vorge-

Abhängigkeit der mittleren quadratischen Fehler der Interpolation von der Entfernung zwischen den Stationen

Bezirk	Monat	l km					
		0	25	50	100	200	400
Westsibirien	I	0,46	0,62	0,82	1,12	1,59	2,30
	IV, X	0,28	0,38	0,47	0,62	0,87	1,25
	VII	0,19	0,26	0,34	0,47	0,67	0,97
Transbaikalien	I	0,84	1,05	1,24	1,54	1,98	2,68
	IV, X	0,66	0,69	0,73	0,83	0,98	1,29
	VII	0,37	0,47	0,55	0,69	0,88	1,17

stellt worden. Die Fehler der Interpolation zeigen wenig Unterschied für die Übergangsjahreszeiten und deshalb sie sind vereinigt worden.

Also, wie für das Gebiet in China die absoluten Fehler der Interpolation sind für die winterliche Jahreszeit sämtlich grösser, als für die sommerliche. Und dabei die Fehler der Interpolation für das Gebiet Transbaikalien sind bedeutend grösser, als für Westsibirien. Wenn wir aus gleicher Toleranz für beide Gebiete ausgehen, dann muss die Dichte des Stationsnetzes in Transbaikalien viel grösser sein. Tatsächlich bei der Entfernung zwischen den Stationen caa 100 km für Westsibirien und caa 25 km für Transbaikalien sind die Fehler der Interpolation für beide Gebiete naher gleichwertig und zeigen caa $0,5^\circ$ für den Sommer und caa $1,0^\circ$ für den Winter. Eben so wenn wir das gleiche Toleranz nehmen, wird es notwendig sein verschiedene Dichte des Netzes für die verschiedene Jahreszeiten einzuführen. Wir bemerken, dass auch in jenem Falle, wenn wir nicht aus dem absoluten, sondern aus dem relativen Fehler der Interpolation ausgehe, die verschiedene Stationsdichte für die Sicherung der gleichen Genauigkeit der Interpolation in den verschiedenen Gebieten notwendig sein wird.

Es zeigt sich, dass der maximal zulässige Fehler der Interpolation auf verschiedene Weise für die Gebiete von verschiedener volkswirtschaftlicher Eigenart gewählt werden kann. Sie kann verschieden sein auch für die einzelnen Jahreszeiten in Abhängigkeit von der Grösse des Einflusses der Fehler in der Feststellung des unter Forschung stehenden Elemente auf die wirtschaftlichen Massnahmen, welche für die gegebene Jahreszeit charakteristisch sind.

Als Endresultat ergibt sich, dass die optimale Dichte des meteorologischen Stationsnetzes durch wirtschaftliche Überlegungen bestimmt werden soll, ähnlich dem, wie es in [5] vorgeschlagen wurde.

LITERATUR

- [1] Дроздов О. А., Шенделевский А. А.: Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГИГМС, сер. 1, вып. 13, 1946.
- [2] Дроздов О. А.: О принципах рационализации сети метеорологических станций. Труды ГГО, вып. 123, 1961.
- [3] Гандин Л. С.: Объективный анализ метеорологических полей. Гидрометеоздат, Л., 1963.
- [4] Машкович С. А.: Применение быстродействующих вычислительных машин в целях планирования развития сети аэрологических станций. Метеорология и гидрология, № 7, 1963.
- [5] Гандин Л. С., Коган Р. Л.: Об экономическом подходе к планированию метеорологической сети. Труды ГГО, вып. 208, 1967.
- [6] Gandin L. S.: On the planning of meteorological station networks. WMO. 1967.

Верификация метеорологической сети в Польше применением анализа структурной функции и максимальной ошибки интерполяции*

A meteorológiai hálózat felülvizsgálata Lengyelországban, a szerkezeti függvény és a maximális interpolációs hiba analizisével. A lengyel síkság 6 körzetére szerkezeti függvény vizsgálatokat végeztek. Analizálták a 12 hónap középhőmérsékleteit az 1951—1960 közötti 10 év adatai alapján, ugyanezen időszakból a napi maximális hőmérsékleteket és az 1965. év 18 órákor észlelt hőmérsékleti értékeit. Kiszámították az interpoláció maximális hibájának különböző értékeihez tartozó állomástávolságokat és állomássűrűséget (1., 2. és 3. táblázat). Feldolgozásaik szerint a napfénytartammérő hálózat esetében az észak-déli állomástávolságok nagyobbak lehetnek a kelet-nyugatinál.

*

Verifikation des meteorologischen Stationsnetzes in Polen mit Hilfe der Analyse der Strukturfunktion und des maximalen Interpolationsfehlers. Für 6 Gebiete der polnischen Tiefebene wurden Strukturfunktion-Untersuchungen durchgeführt. Es wurden 12 monatliche Mitteltemperaturen auf Grund der Beobachtungen aus den 10 Jahren 1951—1960, sowie die maximalen Tagestemperaturen aus der gleichen Beobachtungsperiode und die 18^h Terminbeobachtungen aus dem Jahre 1965 einer Analyse unterzogen. Die den verschiedenen Werten des maximalen Interpolationsfehlers entsprechenden Stationsabstände und Stationsdichten wurden errechnet (Tafeln 1, 2 und 3). Nach diesen Bearbeitungen dürfen im Falle des Sonnenscheindauer-Beobachtungsnetzes die nord-südlichen Stationsabstände grösser gewählt werden als die ost-westlichen Abstände.

*

Работа над размещением рациональной сети метеорологических станций должна, прежде всего, основываться на характере климата данной территории.

Польша, как известно, расположена в зоне умеренного климата. Характерной чертой этого климата является большая изменчивость условий погоды, что вызвано влияниями морского климата с Атлантического океана и континентального климата. Отражением атак погоды является пространственная и временная изменчивость метеорологических элементов, для изучения которых нужна соответствующая измерительная сеть.

Метеорологическая сеть на территории Польши состоит из:

- 62 метеорологических станций (синоптических)
- 352 метеорологических постов (климатологических)
- 2174 осадковых постов

Из имеющихся работ, которые дают некоторое представление о обсуждаемом вопросе вытекает, что метеорологическая сеть Польши в количественном отношении превышает насущные потребности, зато ее размещение и репрезентативность измерительных пунктов еще неудовлетворительны как с точки зрения исследований так и обслуживания. Т. е. можно сказать, что актуальная метеорологическая сеть не является вполне эффективной. Вопрос репрезентативности является трудным м. др. и по той причине, что в нашем законодательстве нет положения об обеспечении охранной зоны. В связи с этим часто возникает потребность изменения местоположения измерительного пункта, окружение которого ухудшается из-за застройки или других хозяйственных мероприятий.

Специалисты Государственного Гидрометеорологического института давно считают необходимым проверить метеорологическую сеть на основании однородных и объективных критериев. В связи с вышеописанным была создана специальная группа, на которую возложены эти задачи. В работе используются счетные математические машины (УМЦ I).

* Доклад по теме «Статистическая структура метеорологических полей и рациональная густота сети станций» изложен в рамках международного симпозиума, проведенного Метеорологической службой ВНР от 23 по 25 апреля 1968 г. в Будапеште.

Работа основывается главным образом на предпосылках метода линейной интерполяции величины метеорологического элемента по Дроздову и Шепелевскому а также Гандину, т. е. на анализе структурных функций, определенных средним квадратом разницы отклонений от нормы (b_{ij}) для пар станций и расстоянием между этими станциями (d) а затем на зависимости максимальной ошибки интерполяции от расстояния.

Учитывая климатическую и физиографическую изменчивость территории Польши работа выполняется для 6 выделенных макрорайонов и для всей Польши на север от 51° параллели. Эти следующие районы:

1. Поморское поозерье (за исключением прибрежных и приморских станций и постов). Высота станции от 18 до 220 м н. у. м.

2. Мазурское поозерье. Высота станций с 38 до 170 м н. у. м.

3. Западная часть Низин Сыродковых (до местностей Выдгош, Коло, Калиш). Высота станций н. у. м. с 1 до 182 м.

4. Восточная часть Низин Сыродковых (вдоль среднего течения Висды от Грудзендэ до Пулав). Высота станций с 47 до 200 м н. у. м.

5. Подлясе и Северная часть Любельской возвышенности. Высота станций с 139 до 180 м н. у. м.

6. Малопольская возвышенность, Сандомерская котловина. Высота станций с 168 до 314 м н. у. м.

Упомянутые в п. 6. участки разработаны для ориентировки в возможностях применения метода линейной интерполяции в горах. Составленные графики отличаются величиной разброса данных от тех же для других участков, зато существует явная зависимость среднего квадрата разницы отклонений (b_{ij}) от расстояния (d) причем наблюдается ускоренный рост функциональных величин. Вследствие этого можно считать, что условие изотропии и однородность измерительных точек вышеперечисленных участков образуются подобно и никогда целиком не удовлетворяются.

Принимая, что температура воздуха лучше всего удовлетворяет условиям изотропии и однородности а также то, что она является элементом воздействующим в значительной степени на почти все остальные элементы, изучение изменчивости температуры является исходной точкой нашей работы.

а) В первой работе по этому вопросу были приняты средние месячные температуры за период 1951—1960 гг. для 85 станций и постов. Станции проявляющие необоснованные разности в величинах отклонений от нормы были элиминированы. Следующим способом проверки материала был анализ пространственного распределения стандартного отклонения, который способствовал элиминации некоторых станций из дальнейших рассуждений. Вследствие этих элиминаций при окончательных подсчетах были приняты данные 64 станций. На основе наблюдательного материала подсчитаны матрицы величин структурных функций. Графики структурных функций составлены для 12 месяцев с учетом 4 сезонов. Для уловления зональных разностей составлены структурные функции по вышеперечисленным районам и по всей северной Польше. Структурные функции для северной Польши рассматривались в интервалах до 600 км. Особенно важным было принятие типа структурных функций.

В связи с разнородным разбросом величин были применены два метода. При четко отмеченной линейной или параболической зависимости структурные функции определяются методом наименьших квадратов; однако, в большинстве случаев, когда разброс пунктов более сложен, в 20-километровых интервалах подсчитывается средняя величина b_{ij} (т. е. среднего квадрата разности отклонений от нормы) а затем интервал ошибки этой средней величины по формуле:

$$\sigma b_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta b_{ij})^2}{n(n-1)}};$$

n = количество величин b_{ij} в данном интервале расстояния. Δb_{ij} = отклонение от средней b_{ij} .

В определенном таким образом интервале ошибки производится графически выглаживание чертежа структурной функции.

Для определения средней дисперсии в тех же интервалах расстояний употребляется формула:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta b_{ij})^2}{n-1}}$$

По величине σ вычерчивается изображение функций средней дисперсии, которые определяют величину разброса. По всей вероятности функции величин σ в некоторой степени показывают масштаб микроклиматических влияний и разницы циркуляции атмосферы.

Максимальная ошибка интерполяции подсчитывается по известной формуле Дроздова и Шепелевского:

$$E(d)_{\max} = b_f \left(\frac{d}{2} \right) - \frac{1}{4} b_f(d).$$

Как видно из приведенной формулы, в наших подсчетах была опущена случайная ошибка измерения, так как допускаем, что она меньше величины структурной функции.

б) Во втором варианте работы проведен анализ максимальных суточных температур. Структурные функции определяются только для четырех выбранных месяцев, самых холодных и 2 самых теплых, т. е. для января и февраля и августа. Эти температуры обработаны за годы 1951—1960 по 62 метеорологическим станциям. Характерной чертой этих функций является довольно частая четкая линейная зависимость величин (b_{ij}) и (d) в обсуждаемом интервале расстояний. В поиске причин большого разброса точек для некоторых месяцев и лет были проанализированы карты погоды. Согласно предположениям, для месяцев и лет с большой дисперсией на картах погоды наблюдаются большие разницы температур и поверхности земли, как результат большой дифференциации погоды. Эти разницы выраженные величинами температур между близлежащими станциями достигали даже до более 10° . В некоторые месяцы, наоборот, образуется малый разброс величин b_{ij} , что также имеет обоснование на картах погоды, так как в эти месяцы на территории почти всей Польши образуются однородные массы воздуха с малой дифференциацией температуры.

в) В третьем варианте работы приняты температуры с 18.00 час за 1965 г. Данные по этим срокам использованы потому, что в это время турбулентция чаще всего относительно невелика, так как нужно было в максимальной степени

ТАБЛИЦА 1

Средние месячные температуры за период 1951—1960 гг.

Расстояния между станциями в км. при соответствующей допустимой максимальной ошибкой интерполяции

Месяц	Полоса низменност. «средковых»			Поморское поозерье			Мазурское поозерье			Малопольская возвышенность		
	0,2°	0,4°	0,5°	0,2°	0,4°	0,5°	0,2°	0,4°	0,5°	0,2°	0,4°	0,5°
Январь	64	146	210	60	124	160	22	48	64	18	35	45
Февраль	26	55	70	28	56	74	28	60	76	30	52	64
Июль	42	100	140	42	96	124	60	124	160	36	58	80
Август	30	160	210	12	50	84	16	40	70	28	104	130

исключить влияние грунта на срочные наблюдения. Основной материал составляют также наблюдения по 62 метеорологическим станциям. Графическое изображение анализируемых зависимостей показывает, что данные срочных наблюдений являются наиболее дифференцированными как во времени так и на поверхности земли.

Большую трудность для наших рассуждений представляет принятие для вычисления допустимых расстояний между измерительными пунктами графического

ТАБЛИЦА 2

Максимальные суточные температуры 1951—1960 гг.

Месяц	Расстояния в км при максимальной ошибке интерполяции				Количество станций при подсчитани. расстояниях и с указанной максимальной ошибкой интерполяции			
	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°
Январь	56	68	86	100	82	55	34	26
Февраль	—	—	40	60	—	—	159	71
Июль	56	76	100	110	56	44	26	21
Август	42	56	80	100	147	82	40	26

ческой величины максимальной ошибки интерполяции. Величина этой ошибки для отдельных температур определяется на основе анализа результатов климатических обработок. Согласно Гандину максимальная ошибка интерполяции не может превышать величины измерительной ошибки, зато в наших работах измерительная ошибка еще не определена, так как ее определение связано с большими трудностями.

В связи с вышеизложенным подсчеты допустимых расстояний для выбранных районов рассматриваются как ориентировочные (таблицы 1., 2., 3.).

Теоретическое количество станций N_i для данной территории S_r подсчитывается следующим образом:

$$N_i = \frac{S_r}{S_z}$$

где: S_z — площадь дальности одной станции при подсчитанном расстоянии d .

Площадь дальности одной станции определяется из уравнения

$$S_z = \frac{d^2 \pi}{4}$$

Отношение количества переисчисленных станций N_i к количеству существующих N_i отображает насколько существующая сеть станций сходна с подсчитанной.

$$P = \frac{N_i}{N_i} = \frac{S_r}{N_i S_z}$$

Если $P = 1$ (идеальная), если $P < 1$ (недостаток станций), если $P > 1$ (избыток станций).

Желая учесть в статистическом анализе структуры полей влияние направлений стока воздушных масс на временную и пространственную изменчивость метеорологических элементов, проводятся следующие работы: При подборе пар станций учитывается не только расстояние, но и их взаимное положение. Таким образом, в данном районе выбирают станции лежащие по отношению друг к другу параллельно или меридионально. Что касается температур воздуха, то такие работы в токе, но пока не замечено в них четких закономерностей. Зато

при разработке структурных функций абсолютной продолжительности солнечного сияния существуют четкие разногласия в ходе структурных функций для системы С — Ю и В — З. Из зависимости ошибки интерполяции от расстояния следует, что для расстояния ок. 160 км величины максимальной ошибки интерполяции для системы С — Ю меньше, чем для системы В — З. И далее, эти результаты позволяют сделать вывод, что расстояния между станциями расположенными по отношению друг к другу в направлении С — Ю могут быть больше

ТАБЛИЦА 3.
Температура от 18.00 за 1965 г.
— Северная Польша —

Месяц	Величина ошибки интерполяции при расстояниях							Допустимые расстояния при максимальной ошибке интерполяции				
	40 км	50 км	60 км	70 км	80 км	90 км	100 км	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°	0,6°
I.	0,20	0,28	0,34	0,40	0,48	0,55	0,62	40	54	70	82	97
II.	0,38	0,44	0,50	0,48	0,62	0,68	0,72	14	30	46	60	78
III.	0,22	0,26	0,32	0,35	0,40	0,46	0,52	38	54	80	96	115
IV.	0,24	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,58	34	50	70	86	102
V.	0,20	0,24	0,30	0,34	0,38	0,44	0,50	40	62	80	102	122
VI.	0,44	0,52	0,58	0,64	0,70	0,75	0,82	—	16	30	48	64
VII.	0,34	0,40	0,48	0,54	0,60	0,65	0,72	20	32	50	66	80
VIII.	0,24	0,32	0,40	0,46	0,54	0,60	0,64	34	46	60	75	90
IX.	0,22	0,28	0,34	0,38	0,44	0,48	0,52	34	52	72	94	115
X.	0,20	0,30	0,40	0,48	0,58	0,65	0,74	40	50	60	72	84
XI.	—	0,00	0,10	0,22	0,34	0,45	0,56	68	74	84	94	104
XII.	0,22	0,28	0,32	0,36	0,42	0,48	0,52	36	56	76	95	116
Σ	2,90	3,62	4,42	5,05	5,96	6,71	7,46					
Ср.	0,24	0,30	0,37	0,42	0,50	0,56	0,62					
Кол. станции	159	102	71	52	40	32	26					

расстояний между станциями расположенными в направлении В — З. Причиной такого положения является по всей вероятности тот факт, что влияния величины угла падения солнечных лучей связанные с географической широтой меньше влияний вызванных процессами атмосферной циркуляции.

Для дополнения данных о результатах наших работ следует добавить, что для вышеперечисленных температур вычислены матрицы коэффициентов корреляции, которые еще не проанализированы.

На основании статистических методов разработан проект гелиографической сети и предприняты попытки анализа структуры поля относительной влажности. Результаты разработки влажности воздуха следует принимать при условии, что метод измерения влажности психрометром Августа имеет, по всей вероятности, никогда большую измерительную ошибку, особенно в зимний период.

Густота сети аэрологических станций в свете запросов численных методов прогноза метеорологических полей*

Az aerológiai állomáshálózat sűrűsége a meteorológiai mezők számszerű előrejelzése szempontjából. A numerikus előrejelzés sikere függ a kiinduló adatok pontosságától. Az interpoláció átlagos négyzetes hibáját (E) és az átlagos relatív hibát (ϵ) az állomások térbeli helyzete és az autokorrelációs függvény ismeretében meghatározhatjuk. A szerző az északi féltekére vonatkozóan analizálva e hibák mezejét javaslatot tesz új aerológiai állomások felállítására. A tanulmány példákkal igazolja, hogy az objektív analisis módszereinek alkalmazásával az újonnan bevezetendő állomások száma csökkenthető.

*

Die Dichte des aerologischen Stationsnetzes aus dem Standpunkte der numerischen Vorhersage der meteorologischen Felder. Der Erfolg der numerischen Vorhersage hängt von der Genauigkeit der Ausgangsdaten ab. Der durchschnittliche quadratische Fehler der Interpolation (E), sowie der durchschnittliche relative Fehler (ϵ) können in Kenntnis der räumlichen Lage der Stationen und der Autokorrelationsfunktion bestimmt werden. Der Verfasser unternimmt eine Analyse des Feldes dieser Fehler auf der nördlichen Hemisphäre und bringt auf dieser Grundlage einen Vorschlag bezüglich der Aufstellung von neuen aerologischen Stationen. Es wird mit Beispielen bewiesen, dass mit der Anwendung der Methoden der objektiven Analyse die Zahl der neu zu errichtenden Stationen vermindert werden kann.

*

В последние годы гидродинамические (численные) прогнозы метеорологических полей стали неотъемлемой частью в оперативной практике прогностических служб ряда стран. Качество численных прогнозов, как, разумеется, качество любых прогнозов, существенно зависит от того, какова исходная информация, используемая при расчёте прогноза. Актуальными являются поэтому вопросы о том, в какой степени точность наблюдений и охват ими атмосферы удовлетворяют потребностям численных прогнозов и к каким последствиям в прогнозе может приводить недостаточность исходной информации о состоянии атмосферы. Развитие численных методов прогноза и, особенно, методов обработки информации для прогноза (методов объективного анализа) позволяет дать некоторые количественные ответы на эти вопросы.

Остановимся сперва на первом из указанных вопросов: на оценке полноты информации о состоянии атмосферы и выводах, на её основе, о желательном расширении наблюдательной сети. При этом ограничимся рассмотрением потребностей тех схем численного прогноза, для которых необходимо иметь в качестве исходной информации только данные о барическом поле.

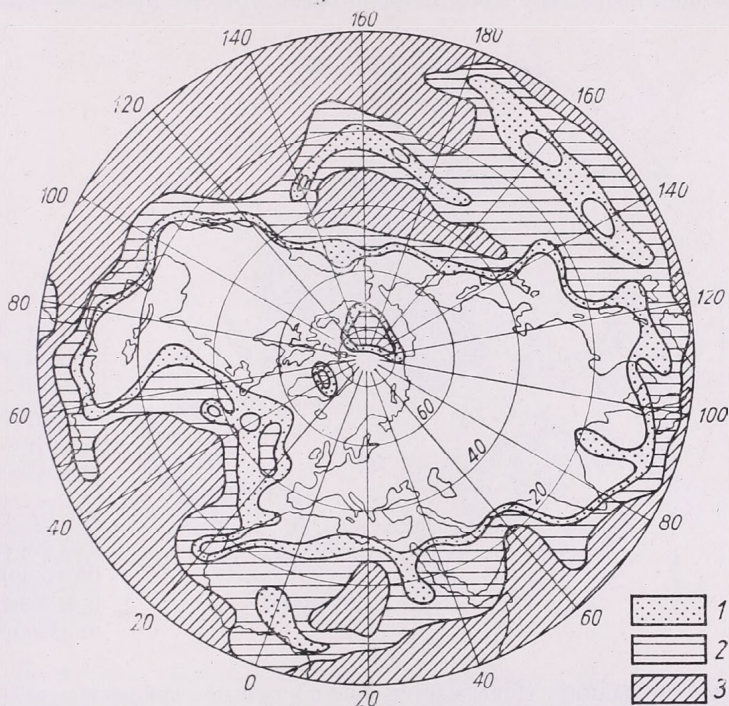
Чтобы судить о том, сколь хорошо наблюдательная сеть позволяет описать состояние атмосферы, нужно знать точность, с которой может быть вычислено значение метеоэлемента в любой точке пространства. Так, например, полезно определить погрешность расчёта значения метеоэлемента в каждой точке путём интерполяции или экстраполяции наблюдений на существующих станциях. Метод оптимальной интерполяции, широко используемый в схемах объективного анализа, позволяет получить априорные оценки упомянутой погрешности.

Этот метод дает возможность по автокорреляционной функции метеоэлемента и известному расположению станций рассчитать средний квадрат ошибки интерполяции E и средний квадрат относительной ошибки интерполяции ϵ . Величины E и ϵ позволяют сделать выводы о точности представления поля метеоэлемента имеющейся сетью станций. Поэтому изучение этих величин представляет большой интерес. Расчёты полей ϵ и E были проведены для существующей аэрологи-

* Доклад по теме «Статистическая структура метеорологических полей и рациональная густота сети станций» изложен в рамках международного симпозиума, проведенного Метеорологической Службой ВНР от 23 по 25 апреля 1968 г. в Будапеште.

ческой сети на северном полушарии. Результаты расчётов представлены на рис. 1 и 2. Данные рис. 1 показывают, что существующая сеть станций обеспечивает достаточно высокую точность интерполяции для территории Европы, Северной Америки и части Азии. Здесь ϵ не превышает нескольких сотых и, следовательно, ошибка интерполяции лежит в пределах точности радиозондовых измерений. Сравнительно неплохим оказывается качество интерполяции во внетропической части Атлантического океана, значительно ниже оно в Африке. Велики ошибки интерполяции и над экваторией Тихого и Индийского океанов, в экваториальных областях Атлантического океана. Здесь ϵ приближается к единице.

Рис. 1. Величины погрешности интерполяции ϵ при существующей сети станций в северном полушарии:
 1. $0,05 \leq \epsilon \leq 0,10$;
 2. $0,10 < \epsilon < 0,40$;
 3. $0,40 < \epsilon < 1,00$.
 Участок без штриховки характеризуется величинами погрешности $\epsilon < 0,05$



Аналогичные результаты получены и при расчёте средней абсолютной ошибки интерполяции \sqrt{E} . На рис. 2 представлено географическое распределение величины \sqrt{E} . На этом рисунке пунктиром очерчена область со значениями $\sqrt{E} \leq 1$ дкм, заштрихована область с $\sqrt{E} \geq 3$ дкм. Из рассмотрения рис. 2 следует, что над большей частью суши и прибрежными районами океанов ошибка интерполяции лежит в пределах точности радиозондовых наблюдений. Однако в умеренных и полярных широтах над океанами величина \sqrt{E} оказывается весьма значительной. Наибольшие значения отмечаются в Тихом океане и превышают 7 дкм.

Приведенные выше оценки наглядно показывают, что в ряде районов Северного полушария информация о состоянии атмосферы явно недостаточна. Привлечение вспомогательной информации, такой, как прогностические данные, результаты динамического анализа и т. п., несколько повышает качество анализа в плохоосвещенных районах. Однако указанные приемы не могут дать кардинального решения проблемы. Основным путём решения вопроса об анализе над плохоосвещенными областями остается дальнейшее развитие сети аэрологических станций и использование наблюдений с метеорологических спутников. В связи с этим важное значение играет вопрос о том, сколько же новых станций необхо-

димо открыть и как следует их разместить, чтобы обеспечить получение информации в требуемом объеме.

Один из первых подходов к этой проблеме заключался в определении максимально допустимого расстояния между станциями. Идея исследования заключалась в оценке погрешности, с которой по данным наблюдений в двух или трех пунктах может быть рассчитано значение метеоэлемента в промежуточной точке. Сопоставление этой погрешности с некоторой заранее заданной допустимой ошибкой позволяло судить о приемлемом расстоянии между станциями. Различными авторами было выполнено большой цикл такого рода исследований.

Однако, в настоящее время наличие быстродействующих вычислительных машин позволяют более широко рассматривать проблему рационального разме-

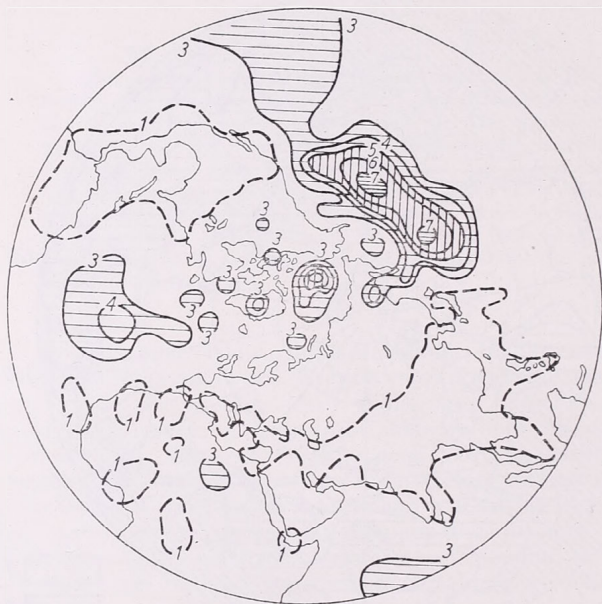


Рис. 2. Распределение корней абсолютной среднеквадратичной погрешности \sqrt{E} в декаметрах над северным полушарием

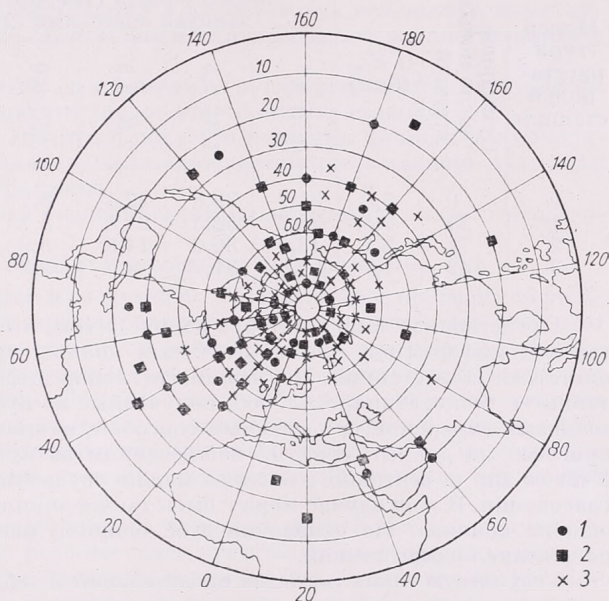
щения станций. Оказывается возможным не ограничиваться решением частных вопросов, как например, определение оптимального расстояния между станциями, а составлять и анализировать конкретные планы расширения сети, оценивать эффект открытия той или иной новой станции. Вполне реальным становится расчёт разных вариантов сети станций и автоматический выбор машиной наиболее выгодного варианта. Задача формулируется следующим образом: необходимо расширить существующую сеть наблюдательных станций на Северном полушарии Земли так, чтобы во всех районах была обеспечена заданная точность информации о состоянии атмосферы. Алгоритм решения задачи должен быть построен так, чтобы машина могла автоматически определять пункты, в которые нужно поместить станции (производить «расстановку станций»); оценивать точность информации, получаемой при данной сети станций, и выбирать наиболее рациональный вариант размещения станций.

Идея, положенная в основу методики, сводится в общих чертах к следующему. Точность информации о состоянии атмосферы, как уже выше указывалось, может быть охарактеризована, например, абсолютной ошибкой интерполяции \sqrt{E} . Очевидно, что там, где эта величина имеет наибольшее значение, освещенность состояния атмосферы наблюдениями наихудшая. Естественно, что новые станции должны быть открыты именно в этих районах, иными словами, в точках максимумов функции $\sqrt{E} = f(\theta, \lambda)$. Итак, «поместим» новую станцию в точке с

наибольшим значением \sqrt{E} . После этого вычислим заново функцию \sqrt{E} с учетом добавленной станции. Найдем максимум новой функции \sqrt{E} и поместим в соответствующей точке станцию. Эту процедуру можно повторять до тех пор, пока не будет достигнут интересующая нас точность интерполяции. Аналогичные операции могут быть проведены применительно и к полю относительной ошибки интерполяции ϵ .

Для реализации этой идеи была использована схема объективного анализа поля геопотенциала над Северным полушарием. С помощью этой схемы вычислялись значения \sqrt{E} в узлах географической сетки с шагом по меридиану 5° и по параллели 10° . Расчёт производится для существующей аэрологической сети. После того, как \sqrt{E} вычислено для всех узлов, определялось его среднее по всем

Рис. 3. Расположение дополнительных станций в соответствии с приемом Машковича, где в качестве критерия применяется величина \sqrt{E} . Кружки, квадратики и крестики представляют собой станции, дополнительно включенные в сеть после первого, второго и третьего ходов, соответственно



точкам значение (\sqrt{E}) среднее. Далее отыскиваются максимумы функции \sqrt{E} (\sqrt{E} зависит от двух переменных — географических координат). В случае, если в точках максимумов выполняется условие $(\sqrt{E})_{\max} \geq (\sqrt{E})_{\text{ср}}$, то в соответствующие пункты «помещаются» дополнительные станции (под $(\sqrt{E})_{\max}$ подразумевается наибольшее значение \sqrt{E} в данном максимуме). После этого вся описанная процедура — вычисление \sqrt{E} , определение максимумов \sqrt{E} и размещение станций — повторяется с учётом наличия «новых» станций. Повторение производится до тех пор, пока (\sqrt{E}) сред не станет меньше заданной величины. После этого осуществляется расстановка дополнительных станций во всех точках максимумов поля \sqrt{E} (без учёта условия $(\sqrt{E})_{\max} \geq (\sqrt{E})_{\text{ср}}$) и вычисляются новые значения \sqrt{E} . На этом расчёт заканчивается.

Очевидно, что при таком алгоритме во время одного тура размещается сразу несколько станций. Это было сделано ради сокращения продолжительности расчётов на ЭВМ. Опыт расчётов показал, что в этом случае результаты не отличаются существенно от варианта, когда в ходе одного тура «открывается» только одна новая станция. Условие $(\sqrt{E})_{\max} \geq (\sqrt{E})_{\text{ср}}$ позволяет учесть основные максимумы в поле \sqrt{E} и отфильтровать второстепенные.

Результаты расчётов на основе поля \sqrt{E} представлены на рис. 3 и в таблице 1. На рис. 3 показано расположение новых станций и чередность их «открытия». Сведения об ошибках интерполяции приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что при существующей аэрологической сети примерно для 62% площади

северного полушария интерполяции может быть выполнена с погрешностью, лежащей в пределах ошибок радиозондовых измерений. После размещения 74 новых станций эта область охватывает уже 79,7% площади северного полушария. При этом площадь, занятая ошибками интерполяции более 4 дкм, уменьшается с 7,7 до 1,6%. После расстановки 142 станций площадь с ошибкой интерполяции, меньшей 2,5 дкм, занимает 89,3% северного полушария, ошибки более 5 дкм отсутствуют.

ТАБЛИЦА 1.

Результаты расчетов по критерию \sqrt{E}

Номер тура расстановки станции	Суммарное число новых станций	$(\sqrt{E})_{cp}$ (дкм)	Доля площади северного полушария (%), занятая ошибками (дкм) в пределах							$(\sqrt{E})_{max}$
			0—1,5	1,5—2,5	2,5—3,5	3,5—5,0	5,0—7,5	7,5—9,0	9,0	
			0	0	3,0	31,7	29,8	22,1	8,7	
1	25	2,5	35,2	32,5	21,6	5,7	4,6	0,4	0	8,2
2	74	2,1	43,1	36,6	14,8	3,9	1,6	0	0	6,6
3	142	1,7	57,6	31,7	8,5	2,2	0,0	0	0	5,5

Представляет также интерес вопрос о том, в какой степени учёт вспомогательной информации при объективном анализе может снизить требования к плотности сети станций. Под вспомогательной информацией мы понимаем здесь данные о геопотенциале АТ 500, полученные не путем непосредственных радиозондовых измерений, а косвенным способом, например, в результате численного прогноза на данный срок по наблюдениям за предыдущий срок наблюдений. Учёт ее для объективного анализа можно осуществить путем оптимального согласования. В этом случае может быть также априори рассчитана теоретическая ошибка анализа. На основании этой ошибки, как и выше, можно вычислить положение новых станций.

Результаты таких расчетов представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2.

Результаты расчетов по критерию с использованием вспомогательной информации при $Z 0,75$

Номер тура	Число станций в данном туре	Суммарное число новых станций	$(\sqrt{E})_{cp}$	$(\sqrt{E})_{max}$	Доля площади (%), занятая значениями $Z E$ (дкм) в пределах						
					0—1,5	1,6—2,5	2,6—3,5	3,6—5,0	5,1—7,5	7,7—9,0	9,0
					0	0	0	2,4	6,7	33,8	45,0
0	0	0	2,4	6,7	33,8	45,0	11,3	6,8	3,1	0,0	0,0
1	31	31	2,0	5,8	40,6	47,0	3,8	1,9	0,0	0,0	0,0
2	52	83	1,7	4,8	53,1	39,4	5,3	2,1	0,0	0,0	0,0

Эти данные получены в предположении, что используется вспомогательная информация со средним квадратом ошибки $z = 0,75$. В таблице указана очередность открытия новых станций (номер тура), причём номер тура, равный 0, отвечает существующей сети.

Расчёты показали, что учёт вспомогательной информации при существующей сети позволяет уменьшить ошибку анализа $(\sqrt{E})_{cp}$ с 3,0 до 2,4 дкм. Сопоставление нулевого тура в табл. 5,22 с первым туром в табл. 2 показывает, что учёт вспомогательной информации при объективном анализе дает примерно такой же эффект, что и «открытие» 25 новых станций.

Действительно, при объективном анализе с учётом вспомогательной информации средняя и максимальные ошибки $(\sqrt{E})_{cp} = 2,4$ дкм, $(\sqrt{E})_{max} = 6,7$ дкм, а в случае объективного анализа при наличии 25 «дополнительных» станций $(\sqrt{E})_{cp} = 2,5$ дкм, $(\sqrt{E})_{max} = 8,2$ дкм Аналогично, доля площади с ошибками $\sqrt{E} \leq 2,5$ дкм составляет соответственно 78,8% и 77,7%.

Далее из этих таблиц следует, что ошибки снижаются приблизительно одинаково, если «открыть» 83 новые станции и использовать вспомогательную информацию или же если открыть 142 станции и не пользоваться вспомогательными данными.

Таким образом, привлечение даже весьма грубой вспомогательной информации позволяет заметно сократить число «открываемых» станций.

Может быть сформулирован и иной подход к изучению вопроса о необходимой плотности сети станций. Именно, желательно рассмотреть влияние плотности сети на качество численных прогнозов.

Остановимся на численных экспериментах, проведенных с целью исследования упомянутого вопроса.

Были осуществлены два варианта численных экспериментов.

Первый вариант заключался в следующем. Рассчитывался прогноз с использованием всех поступивших данных аэрологических наблюдений. Назовем этот прогноз «эталоном». Затем сеть станций в районах, хорошо освещенных наблюдениями, была искусственно разрежена (использовались данные наблюдения не на всех станциях этих районов). По этим неполным данным снова вычислялся прогноз. Сопоставление такого прогноза с «эталоном» позволяет судить о том, является ли сеть станций избыточной в тех или иных районах и в какой степени отсутствие наблюдений на ряде станций сказывается на качестве численного прогноза.

Идея, положенная в основу второго варианта численных экспериментов, сводится к следующему. Из-за недостаточной густоты сети информация, используемая в качестве исходной для прогноза, содержит определенные ошибки. Как же ошибки в начальных данных влияют на качество прогноза? Чтобы ответить на этот вопрос, барическое поле в момент, исходный для прогноза, искусственно искажалось. Сопоставление прогноза, вычисленного по таким испорченным исходным данным, с эталоном — прогнозом по не искаженным данным позволяет судить о влиянии ошибок начального поля.

Разумеется, что выводы, полученные при таких экспериментах, в определенной степени зависят от того, какая схема численного прогноза используется.

В описываемых здесь экспериментах применялась баротропная модель для прогноза карты АТ 500 для Северного полушария. Прогноз по этой схеме дается для регулярной прямоугольной сетки с шагом 390 км на 60° с. ш., шаг по времени 1,5 часа. При реализации схемы обеспечено сохранение интегральных характеристик (вихря, квадрата вихря, кинетической энергии), для представления производной по времени применен метод Адамса. Сглаживание не производится. Схема вычислительно устойчива. Расчёты были проведены М. С. Фуке-Рабиновичем.

Остановимся кратко на некоторых результатах этих экспериментов.

1 вариант. Проведены 2 группы расчётов. В первой осуществлялась «разрядка» сети аэрологических станций в районах, хорошо освещенных наблюдениями (Европа, Сев. Америка, частично Азия). Результаты расчётов показали, что средняя абсолютная ошибка прогноза на сутки возрастает по сравнению с эталоном на 14% при разрядке сети вдвое и на 21% — при разрядке сети втрое. При этом средняя абсолютная и относительная ошибка эталонного прог-

ноза составляли соответственно 6,2 дкм и 0,88. Оценка производилась по 74 пунктам, равномерно расположенным на Сев. полушарии.

Во второй группе расчётов разрядке подвергалась не сеть станций, а регулярная сетка узлов. Именно, игнорировались результаты анализа в ряде узлов. Значения геопотенциала АТ 500 в этих узлах затем «восстанавливались» путём интерполяции по значениям в сохранённых узлах. Разрядка производилась равномерно для всей сети узлов, охватывающих Северное полушарие. Всего в расчётах участвует 2181 узел. Эта сеть разряжалась вдвое. При этом средняя абсолютная ошибка исходной информации (по сравнению с «неиспорченной» сетью узлов) составила 1,6 дкм. Результаты расчётов показали, что при разрядке сети вдвое средняя абсолютная ошибка прогноза на сутки увеличилась на 11%, на трие суток — на 13%.

ТАБЛИЦА 3.

№ варианта	Прогноз на					
	часа 24		43 часов		72 часа	
	a	a_{cp}	a	a_{cp}	a	a_{cp}
2 а	2,1	6	2,4	10	2,7	13
2 б	3,9	12	5,0	17	6,1	22
2 в	1,9 (101)	4	2,3 (123)	7	3,2 (144)	11
2 г	2,4 (122)	6	3,1 (152)	9	3,8 (171)	14
2 д	2,8 (163)	13	3,4 (181)	18	4,5 (205)	24
2 е	3,2 (179)	25	4,8 (207)	27	6,2 (234)	40

II вариант. На начальное поле геопотенциала АТ 500 накладывались возмущения двух типов. Первый тип — случайные ошибки, формируемые генератором случайных величин. При этом случайные величины характеризуются распределением, близким к треугольному. Случайные ошибки накладывались на всю область прогноза, их амплитуды и знаки варьировались в разных вариантах. Именно, накладывалась случайная ошибка с переменным знаком и экстремальными значениями, равными ± 4 дкм (вариант 2 а) и ± 8 дкм (вариант 2 б).

Второй тип — систематические ошибки, имеющие вид ступенчатой функции. Эти ошибки накладывались на поле исходных данных на участке размером 8 x 8 узлов регулярной сетки, что соответствует крупномасштабному возмущению. Величина максимальной ошибки принималась равной 2 дкм (вариант 2 в), 4 (вариант 2 г), 8 (вариант 2 д) и 16 дкм (вариант 2 е). В случае больших ошибок (варианты 2 д и 2 г) во избежание появления больших градиентов область возмущения несколько расширялась. Результаты расчётов приведены в таблице 3. В этой таблице a и a_{max} обозначают среднюю абсолютную и максимальную ошибки. Величина ошибок вычислялась для вариантов 2 а, б по фиксированной области (31 x 31 узел), а для остальных вариантов — для той области, в которой отмечались отклонения от эталонного (без введения случайных ошибок) варианта. Число «возмущенных» узлов указано в скобках.

Данные представленные в табл. 3, указывают на то, что при использовании устойчивой прогностической схемы при прогнозе АТ 500 ошибочны в исходных данных не должны превышать 2—4 дкм.

Stationsnetz für die Messung der Evaporation von Wasserflächen in Ungarn*

A Network for the Measurement of the Evaporation from Water Surfaces in Hungary. The history of the formation of a network of evaporation pans in this country, the methods in use and a climatological generalization of the results are described. The diurnal and seasonal variations of evaporation date are investigated by using the structural function.

✱

Сеть станций для наблюдения над испарением с водных поверхностей в Венгрии. Описывается сеть станций, созданная в Венгрии для наблюдения над испарением. Излагаются применяемые методы измерения и дается климатологическое обобщение получаемых данных. Суточные и сезонные изменения испарения изучается авторами с использованием структурной функции.

✱

(1) *Ausbau des Stationsnetzes.* Die Messung der Evaporation von Wasserflächen ist in Ungarn — wie auch in den übrigen europäischen Ländern — mit in Thermometerhütten angebrachten Wild'schen Waagen begonnen worden. Auf dem Gebiete des Landes (93 000 km²) wurden zwischen 1930 und 1958 an etwa 20 Stationen solche Messungen durchgeführt. Diese Messungen lieferten zwar gewisse Stützpunkte bezüglich der Verdunstungsbedingungen des gegebenen Ortes, ihre räumliche und zeitliche Verallgemeinerung war aber infolge der kleinen Verdunstungsfläche und der geringen Wassermenge problematisch.

Die systematische Messungen mit den zur räumlichen und zeitlichen Verallgemeinerung Angaben bietenden grossen und im Freien aufgestellten Landverdunstungskesseln wurden in 1952 begonnen und diese von 1958 beginnend zu einem sich auf das ganze Land erstreckenden Stationsnetz ausgebaut (*Abb. 1*).

Zur Ausgestaltung der fortlaufend erweiterten und gegenwärtig (April, 1968) aus 36 Stationen bestehenden Netz wurde durch die Analyse der Messungsergebnisse der Anfangsperiode auch bisher wesentliche Stützpunkte geliefert.

Im Zusammenhange mit dem jetzigen Netz könnten aber noch einige auf objektiven Grundlagen zu klärende Fragen aufgeworfen werden.

(2) *Fragen im Zusammenhange mit den Messungsmethoden.* Der bei den Messungen angewandte wichtigste Kesseltyp ist jener mit einer Oberfläche von 3 m², auf 50 cm in den Boden vertieft. Die Verdunstung dieses Kessels steht bei den ungarischen Klimabedingungen nahe zu der Verdunstung von Zisternen von 20 m² und zu der Verdunstung von kleinen seichten natürlichen Wasserflächen. Zum Zwecke der internationalen Vergleichbarkeit der Messungsergebnisse, sowie zur Untersuchung, resp. Ausnützung der durch die kleinen Massen gegebenen Vorteilen wurden an mehreren Stationen parallele Messungen mit den Landkesseltypen A und mit den Typen GGI-3000 ausgeführt.

Die Wasserfläche des Kessels wird täglich zweimal, die Wassertemperatur dreimal gemessen. Der Niederschlag, die Lufttemperatur und der Feuchtigkeitsgrad wird an allen Stationen gemessen. Zu den Zwecken der Klärung von messungstechnischen Fragen sind einige Stationen auch zu von Fall zu Fall auszuführenden Versuchsmessungen eingerichtet.

* Vortrag, abgehalten am vom Meteorologischen Dienst der Ungarischen Volksrepublik über das Thema „Statistische Struktur der meteorologischen Felder und rationelle Stationsdichte“ am 23—25. April 1968 in Budapest veranstalteten internationalen Symposium.

stumpften Form. Zur objektiven Beurteilung der Verallgemeinerung der gemessenen Angaben erscheint es als zweckmässig die statistische Struktur des Feldes einer Untersuchung unterzuziehen. In den weiteren werden die ersten Anfangsergebnisse unserer diesbezüglichen Untersuchungen beschrieben.

(4) *Anwendung der Strukturfunktion.* Im Laufe des weiteren werden die auf die verschiedenen Stationen bezüglichen Korrekturfaktoren in Betracht gezogen und es wird mit den korrigierten Werten weitergearbeitet. Es soll dies an der i -ten Station

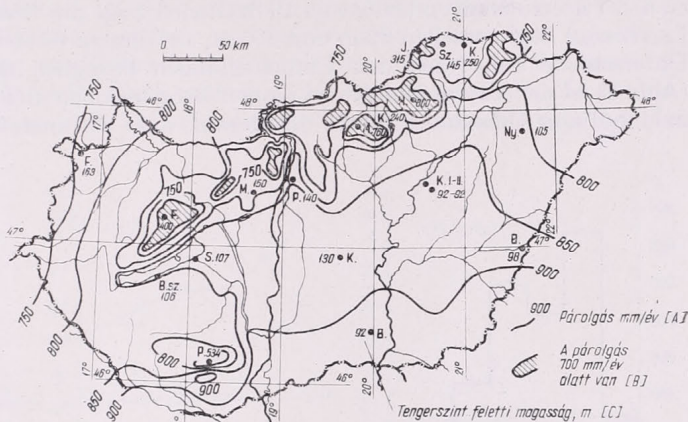
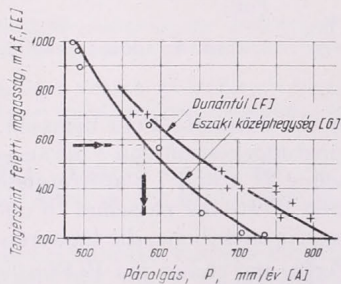


Abbildung 2. Mehrjährige Jahresmittel der Verdunstung auf Grund von Verdunstungskesseln von 3m²

2. ábra. Az évi párolgás sokévi átlaga a 3 m²-es mérőkádak alapján



Átlagos havi párolgás a sokévi átlag %-ában [D]

Hó	%	Hó	%
X	5,4	IV	8
XI	1,5	V	14
XII	1,0	VI	17
I	1,0	VII	20
II	1,5	VIII	16
III	3,6	IX	11
X-III	44,0	IV-IX	86

mit p_i bezeichnet werden. Es seien deren Durchschnitte bestimmt und die Differenzen

$$\eta_i = p_i - \bar{p} \quad (1)$$

gebildet. Unser Ziel ist die Untersuchung der statistischen Struktur des Feldes η_i . Die Strukturfunktion kann in diesem Falle folgenderweise aufgeschrieben werden:

$$b(d) = \overline{(\eta_i - \eta_j)^2} \quad (2)$$

wo η_i der Wert im Ortsvektorpunkt r_i und η_j der auf dem Ortsvektorpunkt r_j abgeleitete Wert ist.

Im Besitze von einer genügenden Anzahl von Messungspunkten kann die Strukturfunktion — bei einer Auswahl von statistisch analogen Lagen — aus einer verhältnismässig geringen Anzahl von Relationen abgeleitet werden. Im gegenwärtigen Fall wird unter Relation eine in unseren Messungspunkten einmal durchgeführte Beobachtung verstanden. Die Anzahl der Relation bedeutet also die Wiederholungen der Mes-

sungen. Die Minimalisation der Relationszahl kommt in erster Linie im Falle der Anwendung von Rechenmaschinen zur Bedeutung, denn diese Angabe ist gleichbedeutend mit der Verminderung der Lochungsarbeit und der Einlage. Bekanntlich können die durch die Anwendung von Rechenmaschinen gebotenen Vorteile bei der vielseitigen Bearbeitung von einer relativ geringen Angabenmenge am wirtschaftlichsten ausgenützt werden.

Das Bearbeitungsmaterial wurde von in den Monaten Mai, Juli und Oktober 1963 ausgeführten Verdunstungsmessungen geliefert. Die territoriale Verteilung der zu den Untersuchungen benützten 19 Stationen zeigt die *Abb. 2*. Die Meereshöhe der Landkessel liegt zwischen 92 m und 860 m, auf diesem Gebiete treten also erhebliche Unterschiede auf. Nach den Untersuchungen bezüglich der Verdunstungsmenge (*Abb. 2*) ist der Verdunstungswert an den Bergstationen kleiner, und die Inbetrachtung dieses Umstandes führte uns darauf, dass wir anstatt der rohen Ablösungs-

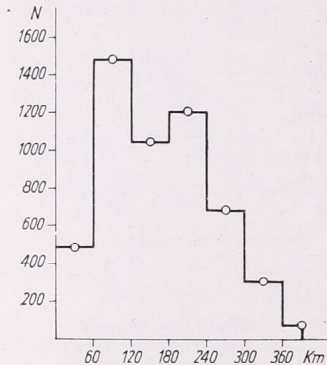


Abbildung 3. Zahl der in den gegebenen Intervall gehörenden Fälle

3. ábra. Az adott távolságközbe eső esetek száma

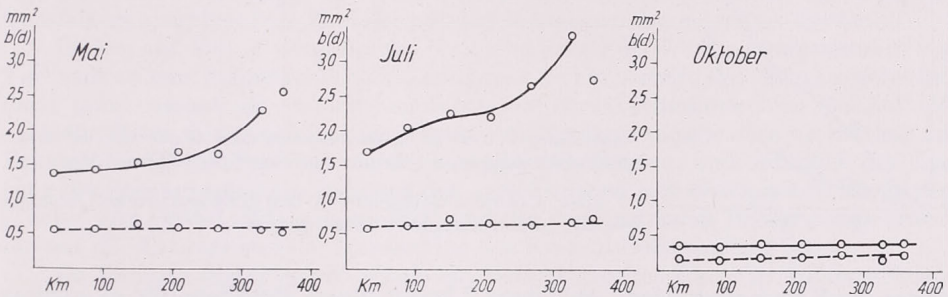
werte uns mit dem durch (1) definierte Feld befassen. Die Messungen wurden mit Hilfe von vertieften Verdunstungskesseln von 3 m² ausgeführt. Die Ausgangsangaben beziehen sich auf die zwischen 21 h und 7 h auftretenden Verdunstungshöhen, sowie auf die in mm ausgedrückten Werte der zwischen 7h und 21h verdunstenden Wassermenge. Die vorigen nennen wir nächtliche, die letzteren tägliche Verdunstungswerte.

Auf Grund der zur Verfügung stehenden 19 Stationen sind wir in der Lage 171 Entfernungskombinationen herzustellen. Die Spektren der Entfernungen wurden in Klassenabständen von 60 km eingereiht und der Durchschnitt der in die auf dieser Weise definierten Population fallenden Werte $b(d_k)$ bestimmt. Mit diesem Verfahren wurden die geglätteten Kurven der Strukturfunktionen hergestellt. Es steht ausser Zweifel, dass einige Teile dieser Kurven mit diesem Glättungsverfahren etwas verwischt werden, die Haupttendenz der Kurven kam aber klarer zur Geltung.

Aus der grossen Anzahl der Kombinationen folgt, dass selbst die verhältnismässig enge Zeitspanne $171 \times 31 = 5301$ Ausgangsangaben zur Ableitung von je einer Kurve bot. Aus der Lage der Stationen zueinander folgt, dass nicht in jede Population von 60 km eine gleiche Anzahl von Kombinationen fällt.

Abb. 3 bringt die Zahl der in die einzelnen Populationen gehörenden Fälle. Es ist z. B. ersichtlich, dass der zwischen 0 — 60 km fallende Punkt aus dem Durchschnitte von 496 individuellen Fällen abgeleitet wurde, und der zwischen 60 — 120 km fallende Punkt aus 1488 Fällen. Dagegen vertritt der Wert bezüglich der Entfernung über 360 km den Durchschnitt von bloss 62 Fällen. Abgesehen davon besitzt aber die Strukturfunktion keinen einzigen Punkt, welcher aus dem Durchschnitte von wenigeren Fäl-

len als 310 abgeleitet worden wäre. Dies ist aus dem Gesichtspunkte der statistischen Stabilität der auf den Diagrammen angebrachten Punkten verwandt damit, als wenn man anstatt der Abstände von 60 km für kleinere und dem Entfernungsspektrum entsprechende Entfernungswerte die Werte der Strukturfunktion bestimmen würden, und zwar aus einer umfangreicheren Zeitserie ausgehend. Da es sich um Monatswerte handelt, würde es die Bearbeitung einer zehnjährigen Beobachtungsreihe beanspruchen. Die zwei Verfahren sind nicht äquivalent miteinander. Markante Unterschiede können aber in den Strukturfunktionen der auf die identischen Monate der verschiedenen Jahre bezüglichen Felder η_i in erster Linie nur in extremen Fällen erwartet werden. Die an den 5301 Ausgangsangaben zu verrichtenden Operationen müssen in sechsfacher Wiederholung ausgeführt werden, da es sich um halbtägige Verdunstungshöhen von 3 Monaten handelt. Diese umfangreiche Rechnerarbeit gibt die Berechtigung der Anwendung eines Rechenautomaten. Unsere Errechnungen wurden



Abbildungen 4—6. Die Strukturfunktion bezüglich der halbtägigen Verdunstungshöhe im Mai, Juli und Oktober; ausgezogene Linie: bei Tag, gestrichelte Linie: bei Nacht

4—6. ábra. A félnapi párolgási összegré vonatkozó szerkezeti függvény májusban, júliusban és októberben; folytonos vonal: nappal, szaggatott vonal: éjszaka

mit dem Rechenautomaten Typ „Ural 2“ ausgeführt, wobei die Ausarbeitung des Programms und die Rechensarbeiten in der Rechenszentrale der Universität durchgeführt wurden.

Die auf empirischer Weise bestimmten Kurven der Strukturfunktionen sind an den *Abbildungen 4—6* ersichtlich. Die *Abb. 4* bezieht sich auf den Monat Mai, 5 auf Juli, 6 auf Oktober. Die ausgezogenen Kurven geben die Werte bei Tage, die gestrichelten die nächtlichen Werte.

Scharfe Unterschiede sind in Bezug auf die Tageszeit an den Kurven der Monate Juli und Mai (der sommerlichen und frühjährlichen Jahreszeit entsprechenden Monaten) vorzufinden. Dagegen zeigt die Kurve vom Oktober kaum einen Unterschied der Tageszeiten: die Kurve von den bei Tage gemessenen Werten verläuft fast parallel mit der nächtlichen Kurve, zwischen den zu den einzelnen Entfernungen gehörenden täglichen und nächtlichen Werten ist kaum ein Unterschied. Bei den Vergleichen der zu den einzelnen Monaten gehörenden, für die Nacht charakteristischen Kurven geht es hervor, dass ihr gemeinsamer Zug die Unveränderlichkeit mit der Entfernung ist. Es kann auch festgestellt werden, dass zwischen den Werten vom Juli und jenen von Mai kein erheblicher Unterschied auftritt, wobei aber die Werte vom Juli zweimal so hoch sind, als jene vom Oktober.

Die täglichen Kurven ergeben ein anderes Bild. Bezüglich Oktober ist es auch in diesem Falle charakteristisch, dass sie von der Entfernung kaum abhängt: die Strukturfunktion kann als konstant erachtet werden. Im Juli und Mai nimmt der

Wert der Strukturfunktion mit der Entfernung zu, innerhalb des untersuchten Abschnittes kann aber das Sättigungsstadium nicht erwiesen werden. Die zu den identischen Entfernungen gehörenden Werte der Juli-Kurve übersteigen alle die Werte der Kurve des Monats Mai. Auch die Tendenz der zwei Kurven ist nahelegend, ja wenn man von dem zu der Entfernung von 210 km gehörenden Punkte der Juli-Kurven absieht, kann sie auch identisch erachtet werden.

Die mit der Entfernung vor sich gehende Aenderung ist besser ersichtlich, wenn wir die zu den einzelnen Entfernungen gehörenden Werte im Prozent des Anfangs-

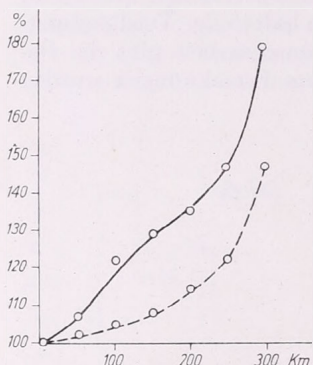


Abbildung 7. Die in %-en ausgedrückten Werte der Strukturfunktion: ausgezogene Linie: Juli, gestrichelte Linie: Mai

7. ábra. A szerkezeti függvény %-ban kifejezett értékei: folytonos vonal: július, szaggatott vonal: május

wertes der Kurve ausdrücken. Abbildung 7 bringt unsere Resultate, die so erhalten wurden, dass der Anfangswert der Kurve für 100% genommen wird. Für die täglichen Werte vom Juli ist die ausgezogene Kurve, für die täglichen Werte vom Mai die gestrichelte Kurve gültig. Es kann ersehen werden, dass die Veränderlichkeit im Juli grösser ist, als im Mai. Die Juli-Kurve erreicht im Falle von 300 km 180%, die vom Mai 147%. Bei 150 km sind die entsprechenden Werte: 229%, bzw. 108%.

Bei der physikalischen Erklärung der erhaltenen Resultate muss auch unserer früheren Erfahrungen Rechnung getragen werden. Nach der die ersten Resultate des Netzes von Landkesseln in Ungarn behandelnden Arbeit [1] kann bei einer Untersuchung der monatlichen Verdunstungshöhen von Siófok und Martonvásár in den Jahren 1961, 1962 und 1963 ein linearer Zusammenhang aufgewiesen werden. Ein ähnlicher linearer Zusammenhang besteht zwischen identischen Reihen von monatlichen mittleren Lufttemperaturen: bei dem letzteren Element ist der Zusammenhang enger, die Streuung der Punkte ist entlang der Ausgleichsline kleiner. Die Resultate bezüglich der Struktur des Temperaturfeldes [2] beweisen, dass die Werte der Strukturfunktion der Temperatur mit der Zunahme der Entfernung zunächst langsam und dann in einem immer zunehmenden Masse ansteigende Werte aufnehmen. Die jahreszeitlichen Abweichungen der auf das Verdunstungsfeld bezüglichen Strukturfunktionen können teilweise mit den strukturellen Eigenschaften des Temperaturfeldes im Zusammenhang gebracht werden. Im Prozess der Verdunstung spielen auch die Windverhältnisse eine wesentliche Rolle. Die strukturellen Eigenschaften des Windfeldes wurden — ähnlich dem Temperaturfelde — ebenfalls Untersuchungen unterzogen [3] und die erhaltenen Resultate können mit den bewiesenen strukturellen Eigenschaften des Verdunstungsfeldes in Zusammenhang gebracht werden. Unsere abgeleiteten Kurven widerspiegeln ausser diesen zwei Eigenschaften auch noch andere unkontrollierbare Zufallseffekte.

Der zwischen den nächtlichen und täglichen Kurven auftretende Unterschied

kann mit der nächtlichen Abnahme der Verdunstungsgeschwindigkeit, mit dem mehr ausgeglichenen Charakter des Windfeldes und des Temperaturfeldes gewissermassen erklärt werden, unseres Erachtens sollte aber der Grund dieser Unterschiede noch einer eingehenderen Untersuchung unterzogen werden. Unsere Ergebnisse zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die durchgeführte Untersuchung unsere Aufmerksamkeit darauf lenkte, dass ausser der Anwendung des aus den jährlichen Verdunstungshöhen abgeleiteten und den klimatologischen Vergleich fördernden Faktors auch die Klärung weiterer Teilfragen sich als sehr nützlich erweist, wenn wir uns mit der räumlichen Verallgemeinerung der Angaben des Verdunstungsmessers zu befassen wünschen. Es muss aber auch den in den Verdunstungsfeldern auftretenden täglichen und jahreszeitlichen Eigenschaften Aufmerksamkeit zugewendet werden. Zuletzt erscheint auch die Bestimmung der jahreszeitlichen Werte der Interpolationsfehler als erwünscht.

Im Besitze der obigen kann aus dem gegebenen Schwellenwert des Interpolationsfehlers ausgehend die Zahl der nötigen Messapparaten bestimmt werden.

In dem auf Abb. 1. dargestellten Netz sind ausser den Verdunstungsmessern von 3 m² auch andere, hauptsächlich die Landkessel A vom vorzufinden. Es wäre sicherlich nicht uninteressant die empirischen Werte der Strukturfunktionen in der Zukunft auch für Netze mit verschiedenen Typen von Verdunstungsmessern zu bestimmen. Bekanntlich ist die Verdunstung ein komplizierter Prozess, und bezüglich der Klärung des Zusammenhanges zwischen den verschiedenen meteorologischen Elementen (Temperatur, Wind, Sättigungsdefizit) und der verdunstenden Wassermenge erwarten wir die Antwort von der Anwendung der Kreuzkorrelationsfunktionen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Bericht gegeben über die Anfangsschritte und unsere weiteren Pläne bezüglich einer Ergänzung der im Zusammenhange mit dem jungen und in seiner endgültigen Form zur Zeit im Werden befindlichen Verdunstungsstationsnetz zusammenhängenden Untersuchungen [1].

SCHRIFTTUM

- [1] VITUKI-OMI, 1968 — Water surface evaporation measurements and studies in Hungary, Joint publication of the Research Institute for Water Resources Development (VITUKI) and State Meteorological Institute (OMI), Budapest. Compiled by S. Dunay, Gy. Péczely, K. Szesztay and I. Vancsó.
- [2] Czelnai R. — Dési F. — Rákóczi F.: On determination of the rational density of the temperature-measuring network. *Időjárás* 1963, 129—137.
- [3] Czelnai R. — Simon J.: Die Strukturfunktionen von Windvektorfeldern in Ungarn. B. 12. H. 1/2. 1966.
-

Die statistische Entropie, als Charakteristik der meteorologischen Felder*

Statistical Entropy, a Characteristic of Meteorological Fields. By means of the introduction of the statistical entropy-distance function, the pressure field at ground-level is investigated. It is found that the entropy-distance function constitutes a suitable characteristic for the description of the statistical structure of meteorological fields and for the investigation of problems concerning rational network densities.

✕

Статистическая энтропия — показатель метеорологических полей. Вводя функцию статистической энтропии от расстояния, автор изучает барическое поле приземных слоев атмосферы. Выяснено, что функция энтропии от расстояния представляет собой удобную характеристику для описания статистической структуры метеорологических полей и для изучения вопросов о целесообразной густоте сети станций.

✕

Die prinzipiellen Grundlagen der Informationstheorie wurden in 1948 und 1949 von Claude Shannon niedergelegt. Shannon sah bei der Behandlung von einigen Nachrichtenmitteilungsproblemen die Einführung des neuen mathematisch-statistischen Begriffes nötig. Er fand in seiner Arbeit viele Nachfolger: die Elemente der Informationstheorie werden heutzutage ausser der Lösung von Nachrichtenmitteilungsproblemen in der Fernmeldetechnik mit Erfolg auch an den Gebieten von einigen Naturwissenschaften angewandt, so z. B. in der Biologie, in der Hydrologie, in der Physik, Meteorologie u. s. w. Aber man findet auch Werke aus diesem Themenkreise, die sich mit der statistischen Struktur der Sprachen befassen.

Die Anwendung der Informationstheorie in der Meteorologie ist neueren Ursprunges. Ihre Elemente wurden in der statistischen Prognose [1, 2, 3], und in der Untersuchung des Eintreffens der Vorhersagen [4] angewandt. Bagrow [5, 6] untersuchte die Ähnlichkeit und den Unterschied der meteorologischen Felder, sowie die Frage des Zusammenhanges der Zufallserscheinungen: all das auf Grund der Informationstheorie. Olberg [7] bestimmte die Werte der monatlichen Informationsentropie des horizontalen Windvektors auf Grund der Potsdamer Registraten. Bezüglich Ungarn wurde von uns die Struktur des Temperaturfeldes [8], sowie des Feuchtigkeitsfeldes, und die Frage des Stationsnetzes mit der Anwendung des Begriffes der statistischen Entropie untersucht.

I. Das mathematische Modell

I. 1. Es sei ein Zufallsexperiment diskreten Charakters mit dem dazu gehörenden Ereignisraum Ω genommen. Teilen wir dies auf einander ausschliessende Ereignisse E_k endlichen n -Zahles auf und bezeichnen wir die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses mit p_k . Der Haufen der Ereignisse kann mit E , die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten mit dem Reihematrix P angegeben werden.

$$E = [E_1, E_2, \dots, E_n], \quad \text{wo} \quad \sum_{k=1}^n E_k = \Omega, \quad (\text{I. 1.1})$$

* Vortrag, abgehalten am vom Meteorologischen Dienst der Ungarischen Volksrepublik über das Thema „Statistische Struktur der meteorologischen Felder und rationale Stationsdichte“ am 23—25. April 1968 in Budapest veranstalteten internationalen Symposium.

$$P = [p_1, p_2, \dots, p_n], \quad \text{wo} \quad \sum_{k=1}^n p_k = 1. \quad (\text{I. 1.2})$$

Diese beiden Reihenmatrixe enthalten unsere sämtliche Informationen, die uns bezüglich der Wahrscheinlichkeitsfelder zur Verfügung stehen. Das obige System kann als ein endliches Wahrscheinlichkeitsschema genannt werden.

Die grundlegende Eigenschaft der Zufallsmengen ist die Unsicherheit des Auftretens oder des Ausbleibens der Erscheinung. Die Frage ist nun, wie man zu gegebenem Wahrscheinlichkeitschema einen solchen Quantitätsindex zuordnen kann, welche einen Mass der zum Schema gehörenden Information, oder der Überraschung, resp. der Unsicherheit bieten könnte. Gegenüber dieser Indexzahl stellen wir gewisse — auf logischer Basis begründete — Erfordernisse, und bestimmen sodann die Funktionsform des Masszahles. Obwohl die Bestimmung der gewünschten Eigenschaften intuitive Elemente enthält, muss nach deren Annahme eine mathematische Disziplin zur Geltung kommen und weitere intuitive Überlegungen können nicht angewendet werden.

Untersuchen wir nun die dem Ereignisfeld interpretierte Wahrscheinlichkeitsvariable.

$$X = -\log p \quad (\text{I. 1.3})$$

Einem jeden Ereignis E_k entspricht der Wert x_k der Wahrscheinlichkeitsvariablen X und

$$x_k = -\log P[E_k] = -\log p_k. \quad (\text{I. 1.4})$$

Die Quantität $-\log p_k$ nennen wir die Masszahl der durch das Eintreffen von E_k gelieferten „Information“, d. h.

$$I(E_k) = -\log p_k \quad (\text{I. 1.5})$$

Die durchschnittliche Information oder Entropie wird offensichtlich durch den Ausdruck

$$H(X) = \overline{I E_k} = - \sum_{k=1}^n p_k \log p_k \quad (\text{I. 1.6})$$

gegeben, wo die Wahrscheinlichkeitsvariable X auf dem Ereignisfeld Ω interpretiert wird. Es ist ersichtlich, dass die auf ein Ereignis fallende durchschnittliche Information $H(X)$ sein wird.

Aus der Definitionsgleichung folgt, dass $H(X)$ keine negative kontinuierliche, symmetrische und mit Extremwerten verfügende Funktion ist und sie auch die Forderung der Additivität befriedigt. Die präzise mathematische Darlegung dieser Eigenschaften können in den Handbüchern über die Informationstheorie [10, 11] gefunden werden.

$H(X)$ ist eine geeignete Messzahl der Unsicherheit des Ereignissystems: im Falle eines sicheren Ereignisses verschwindet sie und weist ein Maximum auf, wenn sämtliche Ereignisse identisch wahrscheinlich sind.

I. 2. Bei einer kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsveränderlichen wird die Entropie mit

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \ln f(x) dx \quad (\text{I. 2. 1})$$

definiert, wo $f(x)$ die Dichtefunktion ist. Es kann eingesehen werden, dass im Falle einer identischen Dichtefunktion mit zweitem Momentum die grösste Entropie von

der Dichtefunktion der Gauss'schen Verteilung gegeben wird. Mit Inbeträchtungnahme, dass

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp(-x^2/2\sigma^2) \quad (\text{I. 2.2})$$

und, dass

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1, \text{ sowie aus } \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx = \sigma^2 \quad (\text{I. 2.3})$$

$$H(X) = \ln \sqrt{2\pi e} \sigma \quad (\text{I. 2.4})$$

erhalten wird.

Im Falle eines diskreten Wahrscheinlichkeitsschemas ist es zweckmässig die Entropie im Logarithmus auf 2-r Grundlage auszudrücken. Dann wird die Einheit der Entropie die zu dem Auswahl der zwei Gleichwahrscheinlichen Ereignisse ($k=1/2$) Informationsmenge sein. Dieses wird „bit“ genannt, es ist also $-\log 1/2 = 1 \text{ bit}$.

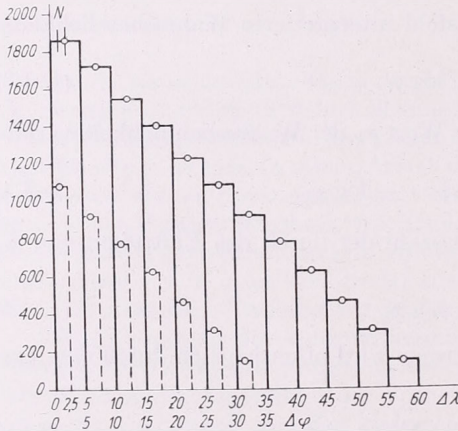


Abbildung 1. Zahl der zu den gegebenen Werten $\Delta\lambda^0$ und $\Delta\varphi^0$ gehörenden Fälle

1. ábra. Az adott $\Delta\lambda^0$ és adott $\Delta\varphi^0$ értékekhez tartozó esetek száma

Im Falle einer kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsveränderlichen wurde natürlicher Logarithmus verwendet: dies ist eindeutig mit der Veränderung der Einheit der Informationsmenge. Die zwei Masseinheiten können natürlich umgerechnet werden.

Im Laufe des weiteren werden die Werte der Entropie in bit angegeben. In den weiteren werden wir die Formeln (I. 1. 6) und (I. 2. 4) anwenden.

II. Das untersuchte Material

II. 1. Das angeführte mathematische Modell wurde bei der Untersuchung des Luftdruckfeldes angewandt. Das Ausgangsmaterial wird von den auf den Monat Mai der Jahre 1962—1966 bezüglichen synoptischen Karten 00 GMT geliefert. Von den Bodendruckkarten wurden auf dem Abschnitte von $\varphi = 50^\circ\text{N}$ Breite und 20°W Länge bis zur Länge 40°E , sowie entlang der Länge $\lambda = 15^\circ\text{E}$ (zwischen 70°N und 35°N) die entsprechenden Druckwerte je 1,25, 2,5, 5, 10 usw. Graden abgelesen. Bezeichnen wir diesen mit p_i im i -ten und mit p_j im j -ten Punkte. Das untersuchte Ereignis wurde mit

$$\xi = p_i - p_j \quad (\text{II. 1. 1})$$

definiert. Im Laufe der Arbeit wurden sämtliche in der Entfernung von 1,25, 2,5, 5,

10 usw. Grade befindlichen Werte in identischen Gruppen zusammengefasst: diese bildeten je eine Population unabhängig davon, ob z. B. entlang $\varphi = 50^\circ$ N sich um einen Unterschied von 10 Graden zwischen $\lambda = 20^\circ$ W und $\lambda = 10^\circ$ W oder um $\lambda = 10^\circ$ W und $\lambda = 0^\circ$ handelte. *Abb. 1* bringt die Zahl der in die gegebene Population fallenden Elementen. Die Zahl der zu dem Ereignissystem gehörenden Elementen nimmt mit dem Anwachsen der Entfernung ab, de wir immer weniger Kombinationen von der gleichen Entfernung auswählen konnten.

Die relative Häufigkeit der in dieser Weise definierten ξ Werten wurde je nach Klassenabständen von 1 mb bestimmt. Hiermit wurde das endliche Wahrscheinlichkeitsschema (I. 1. 1) und (I. 1. 2) hergestellt.

II. 2. Bemerken wir, dass zu dem gegebenen Wahrscheinlichkeitsschema ein gegebener Wert der Entfernung gehört. In dieser Weise, wenn mit Hilfe von (I. 1. 6) der zu dem gegebenen Schema gehörender Wert der Entropie bestimmt wird, so wird letzten Endes die Funktion der Entropie-Entfernung hergestellt. *Abb. 2* zeigt die

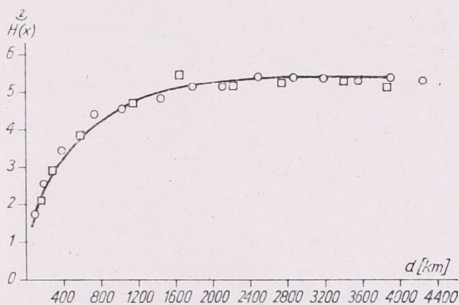


Abbildung 2. Entropieentfernungsfunktion

2. ábra. Az entrópia-távolság függvény

Funktion der Entropie-Entfernung. Die entlang des breiten Kreises errechneten Werte werden mit dem Zeichen \square , die entlang des Meridians erhaltenen Resultate mit dem Zeichen \circ auf der *Abb. 2* angegeben. Es ist ersichtlich, dass die entlang der Richtungen West-Ost und Nord-Süd unabhängig von der Richtung sind und sie nur eine Funktion der Entfernung bilden, zumindest bei nicht allzu grossen Entfernungen. Aus diesem Grunde wird im Laufe des weiteren auf die Richtung des Schnittes keine Rücksicht genommen.

Das Betragen des Funktion der Entropie-Entfernung wurde auf Grund der ausgezogenen Kurve behandelt. Im wesentlichen können drei Abschnitte unterschieden werden. Auf der Beginnungsetappe von etwa 600—800 km ist das schnelle Anwachsen der Unsicherheit charakteristisch. Nach diesem folgt ein Abschnitt mit einem nicht starken Anwachsen von 1600—1800 km. Von 1800—2000 km beginnt die „Sättigung“ der Entropiewerte, und diese ändern sich bloss in einem geringen Masse mit dem Anwachsen der Entfernung.

Aus dem allgemeinen Bilde springt der Wert hervor, welcher zu 1670 km gehört (Richtung Nord-Süd). In diesem Zusammenhange weisen wir darauf hin, dass nach *Zwerew* [12] der Durchmesser der europäischen Zyklonen am häufigsten um die 1000 km und jener der Antizyklonen um 2000 km ist. Es kann vorgestellt werden, dass das ausserordentliche Anwachsen des Masses der Ungewissheit des Ereignissystems bei diesen Entfernungen im Zusammenhange steht mit dem Anwachsen der Häufigkeit des Überganges von einer der Druckzellen in die andere Druckzelle. Diese Frage bedarf in der Zukunft noch einer ausführlicheren Untersuchung.

II. 3. Im Besitze der *Abb. 2* ist uns die Deduktion der relativen, oder prozen-

tuellen Entropieentfernungsfunktion ermöglicht worden. Unter der prozentuellen Entropie verstehen wir den Wert HX_d/HX_∞ . 100% Durch die prozentuelle Entropie wird die Ungewissheit des zu den einzelnen Entfernungen gehörenden Experimentes in der Einheit der maximalen Ungewissheit, in der Einheit des Sättigungswertes gemessen. Die Einführung dieses Parameters ist durch die unter (I. 1. 6) der Entropie motiviert. Nach der Definition kann der Wert der Entropie — prinzipiell — zwischen weiten Grenzen ∞ variieren. Die physikalische Definition des absoluten Wertes der Entropie ist deshalb problematisch. Mit der Einführung der prozentuellen Entropie kann die Ungewissheit oder den Anstieg der durchschnittlichen Information mit der Entfernung mit dem Maximum der Entropie gemessen ein anschaulicheres Bild erhofft werden. Bei der Deduktion der Funktion der prozentuellen Entropieentfernung wurde die ausgezogene Kurve der Abb. 2 zur Grundlage genommen. Das in dieser Weise erhaltene Resultat bringt die Abb. 3. Die HX_∞ wurde durch den bei 3000 km abgelesene Wert 5,40 geboten. Nach der Funktion der relativen Entropieentfernung

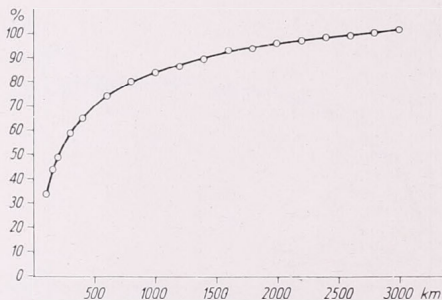


Abbildung 3. Relative Werte der Entropieentfernungsfunktionen

3. ábra. Az entrópia-távolság függvény relatív értékei

nimmt die Ungewissheit des Experimentes im Falle von 2000 km auf 95% der maximalen Ungewissheit ab, der Wert von 80% nimmt sie nur bei etwa 800 km an. Die Abnahme ist bei kleineren Entfernungen schneller, so erhalten wir bei 400 km einen Wert von 65% und unter 100 km einen Wert von 33%. Umgekehrt bedeutet dies, dass wenn der Druckwert von einer gegebenen Station gerechnet in einer Entfernung von 100, 400, 800, 2000 km bekannt ist, so wurden wir mit 33%, 65%, 80%, und 95%, der auf das Feld bezüglichen maximal erhältlichen Informationen bekannt.

Aus den Abbildungen 2 und 3 ist es ersichtlich, dass das Mass der Ungewissheit mit der Reduktion der Entfernung der Ablesungspunkte voneinander nicht proportionell abnimmt: zu 400 km gehört ein relativer Entropiewert von 65%, zu 100 km dagegen noch immer 33%, obwohl die Entfernung nur ein Viertel der vorigen ist.

Wenn man eine weitere Verminderung des Masses der relativen Ungewissheit erzielen will, so muss die Entfernung der Beobachtungspunkte unter 100 km gebracht werden. Dies ruft nicht bloss ein Anwachsen des Umfanges der Informationsmitteilung hervor, sondern erfordert auch eine derartige Arbeitszunahme auf dem Gebiete des Zeichnens und der Analyse, welche — unseres Erachtens — mit der zu erwartenden Zunahme unserer Kenntnisse bezüglich der Struktur des Druckfeldes nicht proportionell ist. Auf Grund der Funktion der Entropieentfernung kann der europäische synoptische Stationsnetz — hinsichtlich des Druckfeldes — als ein Netz von einer zufriedenstellenden Dichte erachtet werden. Dagegen wäre aber am Ozean eine Erhöhung der Stationsdichte wünschenswert.

III. Zusammenhang zwischen der Entropieentfernungsfunktion und der Strukturfunktion

III. 1. Im weiteren wird es bewiesen, dass die Entropieentfernungsfunktion und die Strukturfunktion in unserem Falle identische anwendbare Charakteristiken sind. Bekanntlich [13] wird unter der Strukturfunktion des meteorologischen Elementes f die Quantität

$$b(d) = \overline{[f_i - f_j]^2} \quad (\text{III. 1.1})$$

verstanden, wo f_i den Wert des Elementes in einem mit r_i Ortsvektor verfügenden Punkte und f_j dasselbe in einem Punkte mit Ortsvektor r_j bedeutet. Der Überstrich ist das Symbol des zu erwartenden Wertes. Die Strukturfunktion ist im Falle der Homogenität und Isotropie des Feldes gegenüber der Verschiebung und Verdrehung invariant.

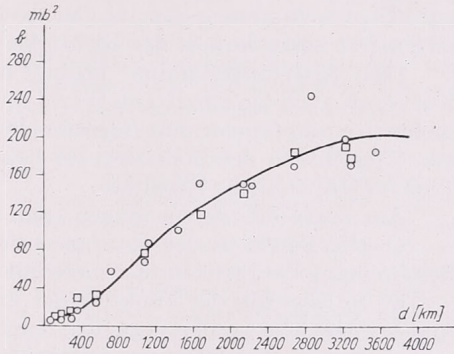


Abbildung 4. Die errechneten Werte \square und die aus der Entropie abgeleiteten Werte \circ der Strukturfunktion

4. ábra. A szerkezeti függvény számított \square és az entrópiából levezetett \circ értékei

Auf Grund von (I. 2. 4) und eine normale Verteilung voraussetzend kann die Streuung der durch (II. 1. 1) definierte Quantität in Kenntnis der zu dem Ereignissystems gehörenden Entropie bestimmt werden. Diese Quantität sei mit σ_H bezeichnet, wo der Index darauf hinweist, dass es sich um den aus der Entropie geschätzten Wertes handelt. Es ist uns möglich die Streuung auch auf einem direkten Wege zu errechnen. Den so erhaltenen Wert bezeichnen wir mit σ . Im Falle einer normalen Verteilung würde die Gleichheit bestehen. Im Falle einer von der normalen abweichenden Verteilung kann die Erfüllung von $\sigma_H = \sigma$ nicht erwartet werden, man kann es aber annehmen, dass die zwei Streuungen miteinander proportionell sind, d. h. $\sigma_H/\sigma = \text{Konstante}$ erhofft werden kann. Aus unserem Untersuchungsmaterial und im Falle von 14 verschiedenen Entfernungen die Quotienten σ_H/σ hergestellt haben wir erhalten, dass diese um den Durchschnittswert von 1,121 nur eine sehr geringe, einen Wert von 10% nicht übersteigende Schwankung aufweisen. In diesem Sinne kann σ_H/σ von der Entfernung unabhängig als Konstant angenommen werden. Dieser Umstand ermöglicht die Ableitung der σ aus den Entropiewerten.

Auf Grund von (III. 1.1) (II. 1.1) kann folgendes aufgeschrieben werden:

$$b(d) = \overline{\xi^2}. \quad (\text{III. 1.2})$$

Das Streuungsquadrat der durch (II. 1. 1) definierten Wahrscheinlichkeitsvariablen ist

$$\sigma^2(d) = \overline{(\xi - \overline{\xi})^2} = \overline{\xi^2} - 2\overline{\xi}\overline{\xi} + \overline{\xi^2}, \quad (\text{III. 1.3})$$

oder

$$\sigma^2(d) = \bar{\xi}^2 - \bar{\xi}^2. \quad (III. 1.4)$$

Aus dem Vergleiche von (III. 1.2) und (III. 1.4) erhalten wir

$$\sigma^2(d) = b(d) - \bar{\xi}^2 \quad (III. 1.5)$$

Es gibt zwei Fälle: α) der Durchschnitt der untersuchten Wahrscheinlichkeitsvariablen ist Zero $\bar{\xi} = 0$; in diesem Falle ist $\sigma^2(d) = b(d)$; β) der Durchschnitt der Wahrscheinlichkeitsvarianten ist ein gegebener Wert $\bar{\xi} = c$, In dem letzteren Falle ist $b(d) = \sigma^2(d) + \bar{\xi}^2$.

Auf Grund von (III. 1.5) und mit Inbetrachtung $\sigma_H/\sigma = 1,121$, sowie mit Anwendung von (I. 2. 4) wurde die Strukturfunktion hergestellt. Unsere Resultate enthält Abb. 4; die in der Abb. 4 mit \circ bezeichneten Punkte beziehen sich auf die in der obigen Weise bestimmten Werte, die mit dem Zeichen \square bezeichneten Werte beziehen sich auf die tatsächlich bestimmten Werte der Strukturfunktion. Durch die gute Übereinstimmung der auf den zwei verschiedenen Wegen abgeleiteten Quantität liefert einen Beweis der Richtigkeit unseres Verfahrens.

Das „Sättigungsstadium“ beginnt in Abb. 4 bei 2500 km. Sowohl die Form der Kurve, als auch die erhaltenen Werte sind in guter Übereinstimmung mit den Untersuchungen von *Gandin* und *Bagrowa* [14] bezüglich der Struktur der Fläche vom 500 mb. Hinsichtlich des Bodendruckes bekam, aus anderem Material ausgehend, auch *Tasnádi* [15] ähnliche Resultate.

Aus unseren Untersuchungen kann folgendes festgestellt werden:

- a) Die Funktion der Entropieentfernung ist eine geeignete Charakteristik zur Beschreibung der Struktur der meteorologischen Felder.
- b) In Kenntnis der Funktion der Entropieentfernung kann eine gut begründete Aussage gemacht werden bezüglich der rationalen Dichte des Stationsnetzes.
- c) Aus der Funktion der Entropieentfernung kann in unserem Falle die Strukturfunktion abgeleitet werden.

SCHRIFTTUM

- [1] *Wahl, E. W. — White, R. M. — Salmela, H. A.*: The Construction and Application of Contingency Tables in Weather Forecasting. Air Force Surveys in Geophysics. No. 19.
- [2] *Suzuki, E.*: Weather Forecast and Entropy in Information Theory. Papers in Meteorology and Geophysics. Vol. IX. No. 2. (51—62 pp).
- [3] *Jagdish, Saukla*: An objective method of Forecasting Pentad Rainfall anomaly in Konkan coast during Juli. J. I. J. of Met. and Geophysics. Vol. 18. No. 3. (363—366 pp).
- [4] *Wahl, E. W.*: Das statistische Entropieverhältnis, eine Hilfsmittel zur Lösung vom Vorhersageproblem. Met. Rundschau, Jg. 8. H. 3/4. (1955).
- [5] *Багров, Н. А.*: Систематическая энтропия как показатель сходства или различия метеорологических полей. Мет. и Гидр. № 9 1963.
- [6] *Багров, Н. А.*: Статистическая энтропия как мера неопределенности и связанности случайных явлений. Мет. и Гидр. № 1. 1963
- [7] *Olberg, M.*: Die monatliche Informationsentropie in Potsdam für das Jahr 1951. Gerlands Beiträge zur Geophysik. B. 76. H. 3.
- [8] *Czelnai R. — Dési F. — Rákóczi F.*: Determination of the Rational Station Density in a Temperature Observing Network. Időjárás, 68, No. 2. (1964).
- [9] *Rákóczi F.*: Die Eigentümlichkeiten des Temperatur und Feuchtefeldes in Ungarn und die Fragen des Beobachtungsnetzes. Die III. Konferenz für Karpatmeteorologie. Beograd, 1966.
- [10] *Reza, F. M.*: Bevezetés az információelméletbe. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1966.
- [11] *Jaglom A. M. — Jaglom I. M.*: Wahrscheinlichkeit und Information. VEB Verlag der Wissenschaften. Berlin, 1965.
- [12] *Зверев, А. С.*: Синоптическая метеорология. Гидрометеоиздат Ленинград 1957.
- [13] *Гандин, Л. С.*: Объективный анализ метеорологических полей. Гидрометеоиздат Ленинград 1963.
- [14] *Гандин, Л. С. — Багрова, Е. И.*: О структуре поля высот поверхности 500 мб. Турды ГГО вып. 99. 1959.
- [15] *Tasnádi P.*: A korrelációs és szerkezeti függvény alkalmazása a meteorológiában. (Manuskript)

Meteorológiai mesterséges holdak (III)

Távközlési holdak a meteorológia szolgálatában

Meteorological Satellites (III) — Communication Satellites in the Service of Meteorology (Summary). Among the communication satellites, some members of the Molniya-system of the Soviet Union and the USA satellites of the type ATS are used for the execution of meteorological observations. After a description of these satellites, the current results of Program WEFAX are discussed.

✕

Az időjárás folyamatok megfigyelésének munkájában az áttekintésünk I. és II. részében (*Időjárás*, 72. évf. 175. és 247. o.) ismertetett meteorológiai mesterséges holdak mellett újabbban egyre komolyabb szerep jut azoknak a holdaknak, amelyeket elsődlegesen *híradástechnikai* feladatok megoldása érdekében bocsátottak fel. A távközlési mesterséges holdak meteorológiai célokra történő felhasználását a Szovjetunió indította meg a *Molnyija-1* elnevezésű híradástechnikai műholdrendszerrel, amelynek kiépítése 1965. április 23-án kezdődött el. E rendszer holdjai — a Szovjetunió földrajzi helyzetéből fakadó követelményeknek megfelelően — elnyúlt ellipszis alakú pályán mozognak; a pálya perigeuma Dél-Amerika fölött kb. 500—550 km magasságban, apogeuma pedig a Szovjetunió fölött 40 000 km körüli magasságban van, s a pályasík dőlése 65 fokos. Ennek a speciális pályának köszönhető, hogy a mesterséges hold csak aránylag rövid ideig tartózkodik a Föld tulsó oldalán, 8,5—10 órán keresztül viszont olyan helyzetben van, hogy a Szovjetunió területén, valamint az Európában működő adó- és vevőállomások egyaránt látják. Annak érdekében, hogy az apogeum ne vándoroljon el a Szovjetunió fölötti tartományból, a hold keringési idejének a lehető legpontosabban 12 órának kell lennie. A pályára vezérést a *Kozmosz-41* hold esetében kipróbált módszerrel végzik el: a hold először közel kör alakú parkoló pályára kerül, majd a gyorsító rakétahajtóművet begyújtva juttatják a 40 000 km körüli apogeum végleges pályára.

A *Molnyija-1* rendszer 1966. április 25-én fellőtt harmadik és 1966. október 20-án fellőtt negyedik holdjára speciális, iker-lencsés televíziós berendezést is felszereltek, meteorológiai rendeltetésű felvételek készítésére. A nagy látószögű lencsével ellátott kamera a hemiszférikus felhőborítottság általános képét szolgáltatja — a 30 000—40 000 km magasságban haladó műholdnál a Föld a látómezőnek csak egy részét foglalja el. Az egyes vidékek felhőalakzatainak részletesebb felderítésére a kis

látószögű kamera alkalmas, amelynek felvételein az apogeumból nézve 8000 km-es sugarú területek jelennek meg. A légköri homály zavaró hatásának kiküszöbölése érdekében mindkét kamera a színekép sárga-vörös tartományában dolgozik, emellett a különböző napmagassághoz igazodó, változtatható színszűrőkkel van ellátva.

Az Egyesült Államokban az *Echo*, *Telstar*, *Relay*, *Syncom* és *Intelsat* holdakkal végzett kísérletek alapján tökéletesített Applications Technology Satellite (ATS) elnevezésű távközlési mesterséges holdat választották ki végül is arra, hogy az áttekintésünk II. részében már említett, eredetileg *Aeros* néven futó programot megvalósítsák, segítségével meteorológiai jellegű információkat is nyerjenek, illetve továbbítsanak. Az aeronautikai és űrkutatási hivatal ezzel a holdtípussal általánosságban kívánja bizonyítani a mesterséges égitestek műszaki alkalmazhatóságát. 1969 közepéig összesen öt ATS-hold fellövését tervezik, amelyekkel bonyolult stabilizálási feladatok megoldásán és új típusú elektronikus antennarendszer kipróbálásán kívül számos távközlési, navigációs, sugárzásdetektálási, rádióhullám-terjedési és meteorológiai kísérletet bonyolítanak le.

Az első ATS-holdat a floridai rakétakilövő támaszponton 1966. december 6-án bocsátották fel az Egyenlítő síkjában fekvő pályára. Amikor a 351,5 kg súlyú, henger alakú, pörgés-stabilizált berendezés a Föld fölött 36,7 ezer km magasságban rátért első közelítésként kijelölt pályájára, azt úgy manőverezték, hogy a hold-tengely a pálya síkjára merőleges irányt vegyen föl, és a henger palástján kitekintő televíziós kamera a tengelye körül pörgő hold megfelelő állásában a földfelszín felé nézzen. Ebben a magasságban a keringési idő 1480 perc körül van, azaz az Egyenlítő síkjában kelet felé haladó hold naponta körülbelül 10 fokkal maradt hátra a forgó Földhöz viszonyítva (alappontja az Egyenlítő mentén 10°/nap sebességű nyugati irányú mozgást végzett). Később a holdat a 35 790 km magasságban levő ún. föld-szinkron (geostacionér) pályára hozták le, ahol a keringési idő pontosan 1440,0 perc = 24 óra, azaz a hold keleti irányú mozgásának szögsebessége megegyezik a földforgás szögsebességével. Jelenleg az ATS-I hold az Egyenlítő 151 °W pontja fölött áll szinkronban a Föld forgásával.

Az ATS-I holdról nyert televíziós felhőképeket a Wisconsin állam egyetemén kifejlesztett különleges, ún. *spin-scan* kamera készíti. Ez a kamera 127 mm átmérőjű, 25 cm-es fókusz távolságú, nagy felbontó képességű tük-

rös teleszkóppal rendelkezik, ahonnan a fény zöld szűrőn és a képsíkban elhelyezett rekesz 0,03 mm-es átmérőjű apró nyíláson keresztül kerül egy fénysokszorozóra. A fotoelektromosan többszörös erősítésű fotocella által leadott elektronok erőssége a szürke szín mintegy 13 fokozatára alakítható át. Ezek az elektronok alkotják azt az áramot, amelyet felerősítve a telekommunikációs hold a két földi irányító állomás (Rosman, Észak-Carolina és Mojave, California) számára kisugároz. A főlvételeken az 52,5°N és 52,5°S földrajzi szélességek között fekvő területen belül a Föld kb. egynegyed részének felhőzeti képe jelenik meg Japánból, ill. Ausztrália középső részétől a Csendes-óceánon át az Egyesült Államok keleti, ill. Dél-Amerika nyugati partvidékéig.

A teljes kép a terület vízszintes irányú letapogatásának sorozatából áll össze. A vízszintes (nyugat-keleti irányú) letapogatást a holdtengely körüli stabilizált pörgés teszi lehetővé (innen ered a kamera-típus elnevezése). A hold pörgésének sebességével szinkronban álló mechanikus léptető a teleszkópot a holdtengely körüli egyszeri körülfordulás után dél felé kissé megdönti; a 3 km-es felbontású kép összesen 2000 vízszintes sorból (észak-déli irányú lépésből) tevődik össze. Minthogy a hold pörgésének sebessége 100 fordulat/perc, egyegy kép elkészülése 20 percig tart. Normál operációs módozat esetén a képfelvétel befejezése után a teleszkóp automatikusan visszaáll az 52,5°N földrajzi szélességre néző pozícióba; a visszaállítás körülbelül 2 percet vesz igénybe. Földi parancsra azonban az üzemmód úgy is programozható, hogy a kamera a teljes észak-déli területnek csak egy meghatározott részét tapogassa le. Ily módon lehetővé válik, hogy a főlvételeken megjelenő érdekesebb felhőrendszerek alakulását rövidebb időközönként kövessék nyomon.

A vázolt eljárással működő ATS-I műhold főlvételei a meteorológia történetében először biztosítottak közel folytonos megfigyelést a Föld területének jelentős része fölött végbe menő időjárási viszonyokról. Az egymást követő főlvételeket filmszalagra másolva és a filmet normál sebességgel leforgatva a néző látványos formában figyelheti meg a többi között a légkör általános cirkulációjának szakadatlanul változó felhőrendszereit, a mérsékelt-övi és trópusi ciklonok örvénylő mozgását, a mezo-méretű viharok keletkezését, vonulását és pusztulását, a nappalok és éjszakák szabályos váltakozását. De túl a látványosságon, ez a kép már a laboratóriumi modell-kísérletek, a forgószámolyra helyezett és ahomogén formában fűtött folyadékartályban kialakuló „mesterséges általános cirkuláció” közvetlen ellenőrzésére, a valósággal történő egybevetésére is alkalmat nyújt.

Az 1967. április 6-án felbocsátott ATS-II az Agena-típusú hordozórakéta gyújtáshibája következtében erősen elliptikus pályára került

(perigeuma 185 km, apogeuma 10 800 km volt). Minthogy ezeknek a holdaknak a stabilizációs rendszere a Föld gravitációs gradiensét használja ki, és kör alakú pályát követel meg, a hold erősen bukdácsoló mozgásba kezdett; műszereit, — amelyek a hiba ellenére hasznos információt is szolgáltatottak —, novemberben ki-kapcsolták.

Az ATS-III fellövésére 1967. november 5-én került sor. A műhold segítségével kilenc nagyobb önálló kísérletsorozatot szándékoznak végrehajtani. Ezek közül meteorológiai szempontból elsősorban kétőt kell kiemelnünk: a színes televíziós főlvételek továbbítására készült nagy felbontó képességu *spin-scan* kamera kipróbálását, valamint az ún. Omega Position Location Equipment (OPLE) rendszer próbáját, amely földi irányító állomásról távközlési műhold útján távoli álló vagy mozgó, földi, ill. légi objektumok helyének bemérésére, a velük érzékelt adatok begyűjtésére, továbbá oda parancsok továbbítására alkalmas.

A Gemini-űrhajók asztronautái által készített színes fényképek tanulmányozása során kiderült, hogy azok a közönséges fekete-fehér felvételeknél lényegesen több információt tartalmaznak. Ezért határozták el, hogy az ATS-III holdra kísérletképpen színes televíziós kamera-rendszert helyeznek el. A nagy felbontású teleszkópból a fény a vörös, zöld és kék alapszínhez tartozó fénysokszorozó csövekre kerül; az egyes csatornák által leadott jeleket, valamint az azonosítási jelet ezután időosztó multiplikátor beiktatásával úgy keverik, hogy ezek egyetlen szélessávú televíziós adón szimultán kiküldésre kerülhessenek. A rendszer működési elve megegyezik az ATS-I holdra szerelt *spin-scan* kameráival: egy teljes kép 24 perc alatt 2400 vízszintes sorból áll össze, azután a léptető mechanizmus 2,4 perc alatt állítja vissza a teleszkópot az északi földrajzi szélességi határra néző pozícióba. A 3,5 × 3,5 km felbontású színes főlvételek alapján remélik, hogy a többi között lehetővé válik a napkelte és napnyugta idején a felhők színváltozásaiából magasságukra következtetni, a tengeráramlások pályáit és kiterjedését, továbbá a vegetáció elterjedését tanulmányozni.

Kevésbé stabilis, pörgő műholdakon a leírt kamerarendszer nem föltétlenül válik be. Ezért az ATS-III fedélzetére teljes mértékben elektronizált működésű képbontó kamerát (IDC) is elhelyeztek, amely képes önmagát korrigálni, ha a képfelvétel a hold rendszertelen mozgása következtében esetleg torzul. Bár e kísérlet elsődleges célja műszaki jellegű, a földfelszín több mint 100 millió km²-es területét befogó, 1328 soros és 7 km-es felbontású fekete-fehér képek meteorológiai szempontból is hasznosak lesznek.

Az OPLE-kísérlet elsősorban navigációs és meteorológiai célokat szolgál, és sok vonatkozásban a harmadik *Nimbus* holdnál tervezett

IRLS-kísérlet megvalósítását jelenti. Az OPLE-program az USA haditengerészete *Omega* elnevezésű navigációs rendszerének továbbfejlesztett változata. Az *Omega*-rendszerrel három földi állomás a 10 ke frekvencia-tartományban folyamatosan irányjeleket sugároz ki, ezeket a hajók vagy a repülőgépek fedélzetén elhelyezett berendezés veszi, s a helyzetmeghatározás az ismert fázis-összehasonlítás alapján *helyben* történik. Az OPLE esetében az álló vagy mozgó objektumok által vett *Omega*-jeleket azok a távközlési műhold automatikus ultra-rádiófrekvenciás adó-vevőkészüléke útján visszásugározzák az ATS földi irányító központjához. A helyzetmeghatározást a *központban* végzik el, és az adatokat szükség esetén a műhold segítségével juttatják vissza az érdekelt helyre. E rendszer előnye, hogy az igen költséges és bonyolult helyzetmeghatározó berendezést nem kell minden egyes objektumra (hajó, repülőgép, bója, ballon) felszerelni; a rendszernek ezért nagy jövőt jósolnak a szupersonikus légiközlekedés irányításában.

Az objektum földrajzi helyzetének bérése nappal 1,5 km, éjjel 3 km-es pontossággal valószínűsíthető meg. Az egyes objektumok helymegállapítása után kezdődik a meteorológiai kísérleteknél az ún. kérdés-periódus, amikor a NASA-központ kérdés-jelet sugároz ki a műhold vételi körzetében elhelyezkedő objektumok számára. Minden objektumnak binárisan kódolt címe van, s csak a címére szóló jel vétele után kapcsolja be mérőberendezéseit és kezdi meg adatainak kisugárzását. A központ felé továbbított meteorológiai és oceanográfiai információk a többi között lég- és vízhőmérsékletet, a hullámmagasságot és a szél adatait tartalmazzák. A kérdés-, ill. válasz-periódus végén az egyes objektumok telekommunikációs berendezései automatikusan az *Omega*-rendszer üzemmódjára állnak át, és kezdődhet a ciklus előlről. Az OPLE-rendszer minden 3 percben negyven objektumról képes az információt begyűjteni; az objektumok OPLE-berendezésének (elektronika, áramforrás és dipol-antenna) súlya kb. 20 kg, telepítésük ballonokon és bójakon folyamatban van.

Az ATS-I távközlési műhold pályára juttatásának idejére a NASA és az ESSA szervei (a Goddard Space Flight Center és a National Environmental Satellite Center) egy másik érdekes híradástechnikai kísérleti programot is kidolgozott, amely előreláthatólag szintén fontos és szerves részét alkotja majd az Időjárási Világszolgálat (WWW) globális telekommunikációs rendszerének. Az 1966. december 14-én megkezdett kísérletsorozat a *Weather Facsimile* Experiment betűinek összevonásából a WEFAX elnevezést kapta, és célja annak kiderítése, milyen megbízhatósággal lehet ATS-holdak közbeiktatásával valamely meteorológiai központból elszárt, távoli időjárásjelző állomásokat késedelem nélkül információk anyaggal ellátni. A kísérletbe 1967 folyamán az ATS

-I hold vételi körzetébe eső hat állam több mint 30 állomása kapcsolódott be, és küldött rendszeres napi és havi vétel-kiértékelő visszajelzést az irányító szerveknek.

A telekommunikációs műhold segítségével forgalmazott meteorológiai anyag igen széles körű. Tartalmaz különböző hemiszférikus talaj- és magassági-térképanaliziseket és előrejelzéseket, nefanaliziseket az ESSA 3 és 5, valamint az ATS-I válogatott felhőfényképeit, továbbá globális felhőképzőmozaiokat földrajzi hálózattal ellátva, különleges szinoptikus helyzetekben (például trópusi viharok kialakulása esetén) kiegészítő információkat és figyelmeztetéseket stb. A forgalmazott anyag a washingtoni világközpontból vonalas faksimilén kerül az ATS-I hold californiai irányító állomására, ahonnan azt a 149,22 Mc frekvencián a hold vevőantennájára sugározzák. A holdon elhelyezett adó az információkat a 135,60 Mc frekvencián az automatikus képtovábbító (APT) rendszer formátumának megfelelő alakban sugározza vissza, tehát azokat az összes vételi körzetben elhelyezkedő közönséges APT-állomás venni tudja, ha át van alakítva az ATS-I hold WEFAX-adásának hullámhosszára.

Bár a WEFAX-program az ATS-I holddal végrehajtott egyéb kísérletek miatt naponta általában csak kb. egyórás időtartamú volt, a kísérletek eredményessége egyértelműen bizonyítható: a műhold földi rádió-összeköttetési tartományának szélén elhelyezkedő állomások 3 fokos antenna-állással az adási idő 90%-ában vettek használható képeket. A kísérleti programot ezért 1967. augusztus 1-én *hidrológiai adatközléssel* is kibővítették: az Egyesült Államok területén megszervezett (rendszerint viszonylag elszigetelt helyzetben levő) állomások az ATS-I hold segítségével érkező felhívásra a kívánalmak szerint csapadék- és víz-állás-adatokat továbbítanak a központ felé ugyancsak a távközlési hold útján.

A terveknek megfelelően az ATS-III távközlési holddal folytatják és tovább bővítik a WEFAX-programot. Az ATS-III holdat először az Egyenlítő 47°W pontja fölé irányították, de idén januárban a 95°W pont fölé helyezték át. Július 1-én azonban visszahozták az Amazonas torkolatvidéke fölötti végleges pozíciójába, ahol a hold vételi körzete felöleli egész Dél-Amerikát, Európa legnagyobb részét (beleértve Magyarországot is), továbbá Afrika és Észak-Amerika nagy részét. Mivel a távközlési hold adásainak vételéhez az APT-berendezés átalakítása a legtöbb esetben mindössze egy alkalmas kristály beépítését jelenti, föltételezhető, hogy a WEFAX-kísérletekbe számos állomás kapcsolódik majd be és a sugározott program sok meteorológiai szolgálat számára biztosít majd kielégítő mennyiségben gyors hemiszférikus méretű időjárási tájékoztatót.

AMBRÓZY PÁL (szerk.): *Az időjárás dinamikus előrejelzésének alapjai*. Az Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványai, XXXI. kötet, Budapest, 1967. 228 (B/5) oldal, 5 táblázat, 38 ábra.

Hazai szakirodalmunk régóta hiányolt tudományos művel gazdagodott, amikor megjelent hat szerző közreműködésével *Ambrózy Pál* szerkesztésében *Az időjárás dinamikus előrejelzésének alapjai* című könyv. A tudományos gondossággal összeállított kötet átfogó képet nyújt az időjárás számszerű előrejelzésének eddigi próbálkozásairól és távolabbi perspektíváiról. Jóllehet az első próbálkozások már a század elején napvilágot láttak, mégis csak az utóbbi két évtized eredményei alapján beszélhetünk e tudományág önálló létéről. Ilyen irányú kísérletekről és eredményekről külföldi és hazai szaklapokban mind gyakrabban olvashatunk, de egységes, átfogó kép mindezekig nem állt rendelkezésünkre magyar nyelven.

A jó felépítésű mű 11 fejezetből áll. Mivel a prognosztikai modellek alapját a dinamikus meteorológia tételei képezik, e témakör megkövetelte fizikai, matematikai alapismeretek kiegészítésével az 1. fejezetben *Götz Gusztáv* áttekintő képet ad a fizikai hidrodinamikai alapegyenletekről, valamint a légkör egyensúlyi helyzetéről. Tekintve, hogy a légkör mozgásfolyamatainak tér- és időskála nagyságrendje a legkülönbözőbb méreteken fordul elő, az alapegyenleteket olyan formára kellett hozni, amely igazodik a szinoptikai méretű folyamatok tulajdonságaihoz. A megoldás érdekében ezért helyet szentel az ún. karakterisztikus paraméterek bevezetésének és a különböző közelítések ismertetésének.

A 2. fejezet a numerikus előrejelzés eddigi kísérleteiről nyújt történeti áttekintést, érintve azokat a fizikai, matematikai és technikai problémákat, amelyek a modellegenletek végső megoldásánál felmerültek. A 3. fejezetben az előrejelzésekre alkalmazott legegyszerűbb modellek — az autobarotrop, az ekvivalens barotrop és a divergens barotrop modellek — tárgyalására kerül sor, s egyben megtaláljuk e modellek fizikai értelmezését is. A 4. fejezetben az egyenletek megoldásánál alkalmazott módszerek közül az iterációs és hatásfüggvényeket felhasználó módszerekről is szó van, amelyek természetesen számítógép alkalmazásával teszik lehetővé a gyors kivitelezést. A fejezet végén a ma már ritkábban alkalmazott grafikus eljárásokról kapunk ízelítőt. E három fejezet *Ambrózy Pál* munkája.

A barotrop modelleknél fejlettebb (a valóságos légkört jobban megközelítő) baroklin modellekről *Ambrózyné Mohácsi Mária* ír, ismertetve a két- és háromszintű baroklin modellek felépítését, a megoldás menetét és alkalmazási lehetőségét. Ugyancsak itt találunk rövid történeti áttekintést a ciklonfejlődés prognózisáról is.

Az előző fejezetekben tárgyalt barotrop és baroklin modellek közvetlen alkalmazása nem ad módot a sűrűlódás figyelembevételére, ami elsősorban a modellegenletek regionális alkalmazásánál a domborzati hatások elhanyagolásában nyilvánul meg. E problémákkal, valamint a csapadék-előrejelzéssel kapcsolatos kísérletekkel a 6. fejezetben *Tilkos Ervin* foglalkozik.

A hidrodinamikai egyenletek eredeti formájukban való integrálását, az ún. primitív egyenletek alkalmazását a 7. fejezet ismerteti, ahol *Ambrózy Pál* kritikai szemmel vizsgálja a módszer előnyeit és nehézségeit.

Az objektív analízis módszeréről — amelyet az előrejelzésekhez szükséges kiindulási anyag megbízhatósága és a prognózis időben való elkészítésének érdekében alkalmaznak — a 8. fejezetben *Ambrózy* tájékoztat. E módszer előnye, hogy az egyes lépések automatizálhatók. A nagytérű bárikus rendszerek objektív analízise és előrejelzése mellett az utóbbi években mind nagyobb szükségét érezzük a gyors lefolyású, helyi időjárási szélsőségek előrejelzésének, amelyek tudvalevően a mezőjelenségek kategóriájába tartoznak. A kötet 9. fejezetében *Götz Gusztáv* a prognosztika eredményeinek mezo-skálán folytatott alkalmazását mutatja be.

Az előző fejezetek lényegében a rövidlejárátú, közismerten a 24—36 órás előrejelzések problémájával foglalkoztak. A több napra, esetleg hónapokra történő előrejelzés sajátos problémájáról és alkalmazott módszereiről *Koppány György* tollából a 10. fejezetben olvashatunk.

A meteorológiai műholdak alkalmazása alig tízéves múltra tekinthet vissza, de már az első információk alapján olyan légköri jelenségekről szerezhetünk tudomást, amelyek korai felismerése révén gondolni lehet a numerikus előrejelzésben való alkalmazásáról. Ezt a felhasználási lehetőségét és az erre vonatkozó első kísérleteket ismerteti *Tánczer Tibor* a 11. fejezetben.

A könyv szerkezeti felépítése a szerzők gyakorlati és pedagógiai jártasságát tükrözi. Nemcsak a téma iránt érdeklődő szakember forgathatja haszonnal, hanem az egyetemi oktatás korszerű igényeit is messzemenően kielégíti. Áttekinthető ábrái elősegítik a könnyebb megértést; a szövegben előforduló kevés hiba gondos korrektúrára vall.

Makainé Császár Margit

JONES, R. F.—McINTURFF, R. M.—TEWELES, S.: *Meteorological Problems in the Design and Operation of Supersonic Aircraft (Meteorológiai problémák a szuperszónikus repülőgépek tervezésében és üzemeltetésében)*. WMO Technical Note No. 89. Genf, 1967. 71 (21 × 27,5 cm) oldal, 44 ábrával. WMO kiadása, Ára 9 Sv. Fr.

Mint ismeretes, a vezető légiforgalmi társaságok 1970-ben óhajtják a hangsebességnél gyorsabb, ún. szuperszónikus repülőgépeket a polgári repülőforgalomba állítani. Habár ezt a tervet néhány technikai probléma hátráltatja, mégis foglalkozni kell azokkal az igényekkel, amelyeket a légiforgalmi társaságok a szuperszónikus gépek üzemével kapcsolatban a repülésmeteorológiai szolgálatokkal szemben támasztanak. Ha csak arra gondolunk, hogy ezek a gépek 20 km feletti magasságban közlekednek majd, ahonnan egyelőre csak kevés adat áll rendelkezésünkre, érthető, hogy a WMO Repülésmeteorológiai Bizottsága már az 1964. évi ülésén felhívta a meteorológiai szolgálatok vezetőinek figyelmét a szuperszónikus gépek meteorológiai kiszolgálásának problémáira.

A WMO azonban nem elégedett meg csupán ezzel a figyelmeztetéssel, hanem kiadott egy Technical Note-ot (No. 89.), amely, ha nem is adja meg a problémák megoldását, de legalább rámutat a nehézségekre, a feladatokra, amelyek velük kapcsolatban a szolgálatokra hárulni fog.

A Technical Note elsősorban összefoglalja a szuperszónikus repülőgépek üzemeltetésének várható formáit (a repülés sebességét, a repülés fázisait, az utazási magasságot), hogy reámutathasson, milyen mértékű, milyen irányú tájékoztatást igényel a személyzet a repülésmeteorológiai szolgálattól. A mű 6 fejezete külön-külön foglalkozik az egyes természeti jelenségekkel, amelyeknek előzetes ismerete többé-kevésbé nélkülözhetetlen a repülési feladat biztonságos végrehajtása szempontjából. Természeti jelenségekről szólnak (s nem meteorológiai elemekről), mert egyikük-másikuk bizony nem tartozik a meteorológia hagyományos témakörébe. Ilyen pl. a hangrobbanás, a korpuszkuláris sugárzás és a radioaktív részecskék intenzitása. Ennek ellenére a hajózó személyzet (vagy maguk a légiforgalmi társaságok) az említett jelenségekre vonatkozó tájékoztatásért is a meteorológiai szolgálathoz fog fordulni, minthogy bizonyos mértékben valamennyi a meteorológiai elemekhez is kapcsolódik.

A hőmérséklet, a szél, a turbulencia, az ózon, a hirtő és lithometeorok előrejelzése természetesen meteorológiai feladat. S bár egyikük-másikuk előrejelzése már-már megoldottnak tekinthető az alacsonyabb szinteken, még mindig sok kutató munkára, valamint időben és térben sűrűbb megfigyelésekre van szükség, hogy az igényeket ki tudjuk elégíteni.

A WMO Technical Note-jának elsősorban az az értéke, hogy reámutat arra, mi a szuperszónikus gépek üzemének kapcsolata az említett jelenségekkel, miért fontos az intenzitásuk előzetes ismerete, milyen irányban kell fejleszteni az ismereteinket és a mérési módszereket. Bár — mint említettük — a problémák megoldását nem adja, mert nem is adhatja meg, véleményünk szerint a mű nagyon hasznos, hiszen a problémák feltárásával serkenti a felkészülést. S amint végignézzük a sokrétű és bonyolult feladaton, meggyőződhetünk arról, hogy a felkészülést nem lehet elég korán elkezdni. Még akkor sem, ha a szuperszónikus gépek forgalma 1970 helyett 1—2 évvel később indulna meg. A Note szövegét jól összeválogatott, gazdag ábraanyag teszi érthetővé, a bő irodalmi jegyzék pedig, amely 90 könyv, ill. tanulmány címét tartalmazza, a további ismeretszerzést könnyíti meg.

A füzet szakmai tartalmára folyóiratunk legközelebbi számában még visszatérünk.

Ozori Zoltán

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG XIV. VÁNDORGYŰLÉSE MOSONMAGYARÓVÁRON

A Magyar Meteorológiai Társaság a Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola közreműködésével 1968. augusztus 22—25-én tartotta meg ez évi vándorgyűlését.

A tudományos programot 22-én délután az Agrártudományi Főiskola dísztermében *Béll Béla* c. egyetemi tanár nyitotta meg. Megnyitó beszédében méltatta a magyar mezőgazdaság legrégebb kultúrközpontjában — Magyaróváron — működő agrártudományi intézmény, ma Agrártudományi Főiskola tevékenységét, amely régtől fogva mindmáig gondosan oktatja a meteorológiát is, majd üdvözölte a megjelent vendégeket és tagtársakat. Bejelentette, hogy a MMT elnöke, *Dési Frigyes* egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora, az űrkutatással foglalkozó nemzetközi konferencián a magyar kormánydelegációt vezeti Bécsben, így a vándorgyűlésen nem vehet részt. Sajnálatlaltal közölte továbbá, hogy a Csehszlovák és Szlovák Meteorológiai Társaságok képviselői a vándorgyűlésen nem jelenhettek meg.

Az első előadást *Szajkó László* egyetemi tanár, rektorhelyettes tartotta. „*A 150 éves Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola*” címmel. Az előadó, a főiskola rektora *Márton Géza* egyetemi tanár nevében is köszöntötte a vándorgyűlést, majd átfogó, példás előadásban ismertette a tanintézet tevékenységét az alapítástól (1818) napjainkig terjedő időszakra. Kiemelte a Főiskola történetében előforduló jelentősebb eseményeket, méltatta az itt folyó mindenkori kutatásokat, melyeknek eredménye nem egyszer a „világelső” jelzővel illethető.

A következő előadó, *Bacsó Sándor* egyetemi docens, „*A éghajlatlan oktatásának helyzete Magyaróváron a XIX. században*” c. — úgy éreztük — az ünnepélyes megnyitáshoz feltétlenül hozzátartozó, elmélyült kutató munkával megalapozott, igen érdekes kultúrtörténeti előadásában a tanintézetben folyó mindenkori oktatás szellemét, színvonalát, a hazai vonatkozású adatok szakirodalmi megjelenését, a meteorológiának, közelebről a klimatológiának első, önálló tantárgyként történő beiktatását és az éghajlati adatoknak gyakorlati alkalmazására való kezdeti törekvéseket tárta fel. Előadását muzeális értékű köny-

vekből vett részletek bemutatásával tette könnyedé, szemléletessé, hitelessé. Az előadáshoz, az egész hallgatóság érzelmét kifejezve, *Bacsó Nándor* egyetemi tanár és *Béll Béla* c. egyetemi tanár fűzött elismerő szavakat.

Bacsó Nándor egyetemi tanár, a földrajzi tudományok doktora „*A Kisalföld éghajlata*” c. előadásának rövid bevezetőjében hangsúlyozta az éghajlati jelenségek fizikai mozgásformaként való meglátásának és kezelésének szükségességét ahhoz, hogy az éghajlati megfigyelések hatalmas anyaga, amely sok helyen már 100 évnél is hosszabb időről gyűlt össze, valóban hasznot, mégpedig forintokban kifejezhető hasznot hozzon a magyar mezőgazdaságnak. Elemezte Magyaróvár és összehasonlítással Nyíregyháza éghajlati jellemzőinek átlag és gyakorisági értékeit. A hosszú sorozatú megfigyelésekből kimutatta, hogy a nyári monszun, amely országunk keleti részén rendszerint már júniusban zárul, a Kisalföldön még július-augusztusban is tart. Az előadáshoz *Bacsó Sándor* egyetemi docens szöveget hozott.

Haraszi László, a Győr-Sopron Megyei Tanács MÉM osztályának vezetője, „*A Kisalföld mezőgazdasági termelésének helyzete, fejlesztésének lehetőségei, különös tekintettel az öntözésre*” c. előadásában ismertette a megye földrajzi, éghajlati jellemzőit, talajtípusait. Megállapította, hogy a természeti adottságok a mezőgazdasági termelésnek általában kedveznek, további fejlesztés öntözés útján érhető el.

Kleininger Ferenc, az Észak-Dunántúli Vizügyi Igazgatóság osztályvezetője, „*A Kisalföld hidrológiai kérdései*” címmel a terület felszíni, felszín alatti és mélységi vizeiről tartott érdekes előadásában teljes képet adott a hallgatóságnak nemcsak a vizek jellemzőiről, hanem a fejlesztés és a további vízkivétel lehetőségéről is. Az előadáshoz *Bacsó Nándor* és *Bálint Sándor* egyetemi docens, a Magyaróvári Járási Tanács VB elnöke szöveget hozott.

A hozzászólások után a délelőtti előadásokon elnöklő *Bacsó Nándor* professzor hivatkozva a Kisalföldön folyó intenzív mezőgazdasági termelésre, amelynek fejlesztése az öntözés fejlesztésével érhető el, kérte a vándorgyűlést, hatalmazza fel a MMT elnökséget,

hogy beadványban hangsúlyozza a MÉM, A Vízügyi Főigazgatóság és egyéb illetékes hatóságok előtt, e területen az öntözéses gazdálkodás tervezett formái mielőbbi megvalósításának szükségességét. *Béll Béla* c. egyetemi tanár a javaslattal egyetértve, kiegészítésül indítványozta, hogy az öntözés szükség- és ok-szerű megalapozása érdekében és tanulmányi célból is, létesüljön Magyaróváron evapotranspirációt mérő állomás is.

Varga-Haszonits Zoltán, a Központi Meteorológiai Intézet tudományos csoportvezetője, „*Különböző kötöttségű talajok nedvesséviszonyai*” c. előadásában a talaj nedvességének mérése és számítása során az adatokban kimutatható hibákat elemezte, bemutatta a talajnedvességnek a havi középértékek alapján rajzolt évi menetét, végül a különböző kötöttségű talajok vizsgáldálkodásában mutatkozó, egymástól eltérő sajátosságokat tárgyalta. Az előadáshoz *Kozák Imre*, a Gödöllői Agrártudományi Egyetem tanársegédje, *Dunay Sándor*, a Központi Meteorológiai Intézet tudományos munkatársa, *Bacsó Nándor* professor és *Felméry László*, a Budapesti ELTE Meteorológiai tanszékének adjunktusa szolt hozzá, kérdésfeltevés és értékelő megjegyzések formájában.

Antal Emánuel, a KMI tudományos munkatársa, obszervatórium vezető, „*Az öntözéses gazdálkodás hidrometeorológiai alapjai a Kisalföldön*” c. előadásában az öntözővízszükséglet gyakorisági értékei alapján mutatta ki, mennyire fontos kérdés a Kisalföldön is az öntözőrendszerek fejlesztése. Előadásához *Bacsó Nándor* fűzött elismerő szavakat.

Tenk Antalnak, a Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola tanársegédjének „*Az időjárási elemek hatása a talaj növények által felvehető nitrogén-tartalmára*” c. tanulmányát távollétében *Bacsó Sándor* olvasta fel. A felvehető nitrogéntartalom, — mint megállapította — meghatározott módon függ a talaj hőmérsékletétől és nedvességtartalmától. Az előadáshoz *Béll Béla* és *Bacsó Nándor* szolt hozzá.

Leonid Sakaly, az Ukrán Hidrometeorológiai Tudományos Kutató Intézet Agrometeorológiai Osztályának vezetője, a vándorgyűlés szovjet vendége ismertette az agrometeorológiai körzetek kijelölésével kapcsolatos munkájukat. Szavait *Varga-H. Zoltán* tolmácsolta a hallgatóknak. Rövid ismertetőjéhez *Bacsó Sándor* és *Felméry László* szolt hozzá.

Felméry László „*A növénytakaró hatása a párolgásra*” c. előadásában egy, a növény és a talaj együttes párolgotatásának meghatározására szolgáló elméleti módszer levezetését ismertette. Hozzászolt *Mándy György* tudományos osztályvezető.

Szakály József, a KMI tudományos munkatársa, „*Növényfenológiai megfigyelések és kutatások eredményei*” címmel tartott érdekes előadást a vadontermő- és kultúrnövények fenofázisairól, s ezeknek az Észak-Dunántúlon mutatózó változatosságáról.

Mándy György, az Országos Agrobotanikai Intézet tudományos osztályvezetője „*Fenológiai vizsgálatok eredményei*”-ről számolt be. Különböző növényekre, főként gabonafélékre kimutatta, hogy a vetésidőnek az optimumtól való eltérése — korábbi vagy későbbi vetés — az időjárási tényezők megváltozása miatt, megmutatkozik a fenológiai jelenségek állományon belüli egyedi szerzésében és a termés mennyiségének csökkenésében is. Az előadást követő vitában *Bárdossy Antal*, *Varga-H. Zoltán*, *Sántha Imre*, a Magyaróvári Agrártudományi Főiskola hallgatója, és *Bálint Sándor* vettek részt.

A napi program a késő esti órákban *Barát József*, a KMI igazgatóhelyettesének „*Másfél év az örök jég birodalmában*” című élménybeszámolójával nyert kellemes befejezést. Szép színes dia-képei soha nem látott, sajátosan szép tájakat ismertettek meg a résztvevőkkel. Az élménybeszámoló után a vándorgyűlés tudományos programja *Béll Béla* c. egyetemi tanár zárószavaival ért véget.

A vándorgyűlés kultúrprogramját *Tóth Zoltán* egyetemi docens, *Gösi Imre* gimnáziumi tanár és *Borsa Károly* nyugalmazott múzeológus tette az érdeklődők számára hasznosan kellemessé. A résztvevők megtekinthették a főiskolának a Kisalföld állatvilágáról összegyűjtött, impozáns elrendezésű kiállítását, az óvári várat, amelynek legrégibb nyomai a római korba nyúlnak vissza, a vármúzeumot, a Háng-múzeumot és Magyaróvár néhány szép műemlék épületét is.

Az ez évi vándorgyűlés a mezőgazdasági és meteorológiai tudományok hasznos tapasztalatszerésén kívül, közel hozta a résztvevőket az Agrártudományi Főiskola múltjához és jelenéhez is, s mindkettőt kellemes emlékünkné marad.

(*Szepesiné Lőrincz Anna*)



A WMO REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS ÉS TECHNIKAI KONFERENCIÁJA

A WMO, tekintettel a repülés rohamos fejlődésére, amelynek egyik igen jelentős, mondhatnánk korszakalkotó fázisa, a szuperszónikus repülőgépek bevezetése előtt állunk, Londonban 1968. március 18 és 29 között repülés-meteorológiai tudományos és technikai konferenciát rendezett. Az értekezlet célja az volt, hogy a kutató meteorológusok, valamint a gyakorlati szakemberek: repülés-meteorológusok, repülőgéptervezők, műszerkonstruktorok, a hajózók (pilóták és navigátorok) együttesen tárgyalják meg közös problémáikat. A kutatók tárják fel, meddig jutottak el vizsgálataik során, az operatív szakemberek pedig vázolják a problémáikat, amikre a kutatóktól várják a válaszokat.

A célkitűzést és a gazdag programot tekintve érthetően nagy volt az érdeklődés a konferencia iránt: ötven ország, hat nemzetközi szervezet közel 240 küldötte, köztük a magyar meteorológiai szolgálat képviselőiben e sorok írója vett részt az előadásokon.

Az elhangzott 40 előadás három fő téma köré csoportosult:

1. Repülésmeteorológiai állapotok a repülőter közelében.

2. Repülésmeteorológiai állapotok a troposzférában és az alsó sztratoszférában.

3. Meteorológiai tájékoztatás a szupersonikus repülőgépek számára.

Az első kérdéscsoport tárgyalásakor az előadók reámutatták a meteorológiai elemeknek a gyors és nagy időbeli változásaira a talaj fölötti 1 km vastag rétegben. A szél, a hőmérséklet, a felhőalap és a látás rövid idejű előrejelzéséhez fontos ennek a rétegnek a belső jellemzői és a külső paraméterek közötti kapcsolatot vizsgálata. A repülőgépek fel- és leszállásához, az automatikus leszállító berendezések használatához, valamint a leszállási minimok csökkentéséhez egyaránt a mezoszkálájú változások előrejelzésére van szükség. Az előrejelzés pontossága pedig csak az állomáshálózat racionális sűrítésével, valamint objektív előrejelzés-módszerek bevezetésével fokozhatók.

A konvektív aktivitást kísérő veszélyes jelenségek (turbulencia, jégeső, zivatar stb.) előrejelzésében jelenleg a legnagyobb segítség a radar.

A konferencia második kérdéscsoportján belül az utazási szinten fölépő időjárás jelenségekkel foglalkozott. A számítérekkel készített szél- és hőmérsékletelőrejelzések jobbaknak bizonyultak, mint a hagyományos módszerrel készítették. Főhívták a hajózók és a repülésirányítók figyelmét arra, hogy jelenleg a felhőtlen turbulenciáról csakis a hajózók tudnak adatokat szolgáltatni. A műholdas felhőképek szinte nélkülözhetetlenek az útvonalra szóló eligazításokor.

A legégetőbb kérdésekkel talán a harmadik témacsoport foglalkozott. A szupersonikus utasszállító gépek forgalma előreláthatólag már 1970-ben megindul. A konferencia elnökének szavai szerint a technika e téren olyan gyorsan fejlődött, hogy a meteorológia itt lemaradt a fejlődésben. A szupersonikus gépek utazási magassága olyan szintekre esik, ahonnan jelenleg csak kevés adat áll rendelkezésre. Előreláthatólag a hőmérsékletnek nagyobb lesz a fontossága, mint a szélnek. Éppen ezért figyelemmel kell kísérni azt a néhány évvel ezelőtt felfedezett jelenséget, amely a sztratoszféra hirtelen, robbanásszerű fülledésével jár együtt. A hangsebesség átlépésénél (az ún. transzszonikus fázisban), továbbá a hangsebességnél gyorsabb repülés esetén (az ún. szupersonikus fázisban) veszélyt jelenthet a gépre a turbulencia és a hidrometeorok jelenléte. Az előbb felsorolt jelenségek előre-

jelzésén kívül szükség lesz prognózis készítésére a hangrobbanások intenzitásá tekintetében is, amelynek meteorológiai tényezői közt a leglényegesebb a repülőgép és a talajszint közötti légréteg hőmérsékleti és szél-profilja.

Az előadásokat élénk eszmecsere követte, amely hozzájárult a rendkívül bonyolult össze-tevők földérintéséhez. Az élénk érdeklődés is bizonyította, hogy a WMO olyan témát tűzött ki megvitatásra, amely szerte a világon a legégetőbb problémákkal függ össze. A konferencia kiváló megrendezéséért az angol meteorológiai szolgálaton és a WMO titkárságán kívül köszönet illeti a konferencia technikai elnökét *W. A. Dwyer*-t és a Repülésmeteorológiai Bizottság jelenlegi elnökét, *N. A. Lieurance*-t.

(Lépp I.)

✱

A SZINOPTIKUS- ÉS REPÜLSÉMETEOROLÓGIAI MUNKACSOPORT HARMADIK ÜLÉSE

A szocialista országok meteorológiai (hidrometeorológiai) szolgálatainak szinoptikus- és repülésmeteorológiai munkacsoportja (RGS-AM) 1968. június 4 és 11 között tartotta meg harmadik ülését a Prága melletti Komoranyban, a CsSzSzk Szinoptikus Szolgálatának központjában. Az ülésen hét európai szocialista állam meteorológiai (hidrometeorológiai) szolgálata 16 delegátussal képviseltette magát. A magyar meteorológiai szolgálat kiküldöttként *Lépp Ildikó*, a repülési előrejelző osztály helyettes vezetője vett részt a tanácskozáson, amelyet *R. Ziemann* (NDK), a munkacsoport állandó elnöke vezett.

A munkacsoport első renden a kód-kérdéseket vitatta meg. Ezek között is fontos helyet foglal el a SYNOP kules módosítása. Ezt a problémát már évek óta tárgyalja a WMO Szinoptikus-meteorológiai Bizottsága, ill. ennek egyik munkacsoportja. Tekintettel arra, hogy a gépi adatfeldolgozás mindjobban terjed, az új SYNOP kódoknak olyannak kell lennie, hogy az a feldolgozás követelményeinek rendre megfeleljen, de híven tükrözze az időjárás valódi képét, továbbá alkalmazhatónak kell lennie az automata megfigyelő állomásokon is. Az ülésen beterjesztettek egy kódjavaslatot a szolgálatok által leendő tanulmányozása végett.

A repülőter pillanatnyi időjárás helyzetére vonatkozó, s 1968 januárjában életbe léptetett ún. METAR kulcs előnyös ugyan a hajózók számára, de a meteorológusok hiányolnak egy-két adatot, ami a helyzet megítéléséhez nélkülözhetetlen. Felkérték ezért a CsSzSzk Szolgálatát, járjon el az ICAO-nál a METAR kód módosítása érdekében. A munkacsoport felkérte továbbá a KGST közlekedési állandó bizottsága 5. szekcióját a futópályamenti látás egységes észlelésének kidolgozására, a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatát pedig ar-

ra, hogy szorgalmazza a WMO-ban a szélnyíráshatások továbbítását, legalábbis regionális szinten.

Az ülés folyamán beszámoló hangzott el a WMO Repülésmeteorológiai Bizottságának negyedik, ill. az ICAO Léginnavigációs Bizottságának ötödik, montreali üléséről, valamint a WMO által rendezett londoni repülésmeteorológiai tudományos és technikai konferenciáról. A delegációk többségének nem állott rendelkezésre a montreali ülés jegyzőkönyve, így érdemben nem tudtak az ott hozott ajánlásokról tárgyalni. A tudományos és technikai konferencia anyagának az alapján a munkacsoport ajánlást fogadott el, amely szerint a meteorológiai szolgálatok foglalkozzanak a szupersonikus repülőgépek meteorológiai kiszolgálásának problémáival, a konferencia anyagát használják fel a meteorológusok ki-, ill. továbbképzése során, s végül felkérték a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatát repülésmeteorológiai szeminárium rendezésére.

Ismételten foglalkozott a munkacsoport a moszkvai világközpont és a prágai regionális központi fakszimile adásainak programjával. Ez a kérdés — mint minden világ- és regionális központ adásrendje — foglalkoztatja a WMO titkárságát is. Az értekezlet-fölkérte a résztvevő szolgálatokat, hogy igényeiket — egyeztetve a WMO-nak benyújtott jegyzékkel — juttassák el a két említett központra.

Mint ahogy egyre több állomásnak helyezniük üzembe időjárásiradart, a munkacsoport megvizsgálta a kooperáció lehetőségét, s ajánlotta, hogy az érdekeltek kétoldalú adateserében, ill. ennek legalkalmasabb formájában egyezzenek meg.

Az ülés végül körvonalazta azokat a legfontosabb problémákat, amelyeket a közeljövőben a munkacsoportnak meg kell oldania. A tárgyalások kedvező környezetben s a szokott baráti közvetlenséggel folytak le. (Lépp I.)

✱

AGROKLIMATOLÓGIAI SZEMINÁRIUM OBNYINSZKBA

A Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatának Kísérleti Meteorológiai Intézete 1968. június 5 és 19 között szemináriumot szervezett az agroklimatológiában alkalmazott feldolgozási, térképezési és körzetesítési módszerek megvitatására, az európai szocialista országok agrometeorológusainak részvételével.

A Kísérleti Meteorológiai Intézet 10 éve működik Obnyinszkban, s az intézet keretében 4 éve működik agrometeorológiai osztály. Ez a részleg korábban a Központi Előrejelző Intézet keretében működött Moszkvában. Jelenleg 4 laboratóriumra tagozódik:

1. agroprognozstikai laboratórium,
2. agroklimatológiai laboratórium,
3. agrotechnikai laboratórium,

4. agrometeorológiai megfigyelések laboratóriuma.

Ez a 4 laboratóriumból álló osztály az alapja az Obnyinszkba tervezett Agrometeorológiai Intézetnek.

A szeminárium tematikája és egész munkája szorosan kapcsolódott az „*Agroklimatológiai erőforrások az európai szocialista országok területén*” elnevezésű, nemzetközileg koordinált kutatási programhoz.

Ennek a nemzetközi kutatási programnak a célja, hogy meteorológiai szempontból tudományosan megalapozza a mezőgazdasági áru- és tapasztalateserét, a későbbiek során pedig a mezőgazdasági termelés nemzetközi keretében történő specializálását.

A kutatási program ezért fő feladatként jelöli meg az európai szocialista országok területének általános agroklimatológiai körzetesítését, valamint öt mezőgazdasági fő növény őszi búza, kukorica, burgonya, cukorrépa, szőlő) és az éghajlat kapcsolatának vizsgálatát az említett területen.

Előzetes megoldása módszertani szempontból kétirányú vizsgálatot követel meg:

1. az általános körzetesítéshez olyan módszerekre van szükség, amelyek mindegyik résztvevő ország területén — bár ezek éghajlatilag jelentősen eltérnek egymástól — a vizsgált jelenségeket kielégítően jellemzik;

2. egyidejűleg szükség van olyan módszerekre is, amelyek segítségével egy adott terület a mezőgazdasági termelés szempontjából a lehető legrészletesebben jellemezhető.

A résztvevő országok elsőként a nedvességi viszonyok jellemzésére szolgáló módszereket vizsgálták meg. A kapott eredmények alapján a szeminárium a Szeljanyinov-féle hidrometrikus koeficiens használatát tartja célszerűnek. Szükséges azonban, hogy minden ország kidolgozza a számára legjobban megfelelő módszert, s megvizsgálja, hogy az milyen kapcsolatban van a hidrometrikus koeficienssel.

A következő lépés a kiválasztott jellemző értékek térképes ábrázolása. Természetesen a résztvevő országoknak azonos elvek szerint kell a térképeket elkészíteniük. Ezért a szemináriumon elhangzott előadások a jellemző értékek térképes ábrázolásának matematikai módszereit ismertették. Az előadók a módszerek alkalmazását gyakorlati példán is bemutatták. Agroklimatológiáról lévén szó, a talajhőmérsékleti, talajnedvességi és fenológiai adatok térképezésének módszereire igen nagy figyelmet fordítottak.

A térképezési módszerek ismeretében részleteiben is kijelölhetők voltak a témában végrehajtandó következő feladatok:

1. az aktív hőmérsékleti összegek térképének elkészítése;
2. a fagymentes időszak térképének elkészítése;
3. a hidrometrikus koeficiens térképének elkészítése;

4. a téli félév csapadék-összegét ábrázoló térkép elkészítése;

5. a tavasz eleji talajnedvességekészlet térképek elkészítése.

E térképeket a résztvevő országok 1969. április 1-ig készítik el, és bocsátják a koordináló bolgár szolgálat rendelkezésére a módszertani vizsgálatok eredményeivel együtt.

✱ (Varga-H. Z.)

BRIT TRANSZARKTIKUS EXPEDÍCIÓ

Brit sarkkutatók egy négytagú csoportja a nyáron veszélyekben bővelkedő vállalkozásba kezdett: elhatározták, hogy az Arktisz jegén át szánon teszik meg az Alaszka és a Spitzbergák közötti 5600 km-es utat. Tizenhat hónapos útjuk során hatóránként szinoptikus megfigyeléseket végeznek, s azokat rádió segítségével juttatják el az alaszakai Barrow-ba. Az expedíció tudományos célja a sarki jég hőháztartásának tanulmányozása; ennek megvalósítása keretében speciális mikrometeorológiai mérésekre is sor kerül.

(Götz G.)

✱

FRANCIA METEOROLÓGUSOK LÁTOGATÁSA MAGYARORSZÁGON

A francia *Météorologie Nationale* fennhatósága alatt működő *École de la Météorologie* két évfolyamának hallgatói *M. Giraud* igazgató, valamint néhány tanár vezetésével 1968. július 1 és 4 között Magyarországon tartózkodtak. Tanulmányútjuk keretében július 2-án meglátogatták az Aerológiai Főobszervatóriumot, ahol *Béll Béla* igazgatóhelyettes, az obszervatórium vezetője fogadta a vendégeket. A szívélyes fogadás keretében ismertette intézetünk szervezeti felépítését, és vázolta a Magyarországon folyó meteorológus-képzés rendszerét. A vendégek ezután megtekintették az obszervatórium osztályait.

A következő nap délelőttjét francia kollégáink az Országos Meteorológiai Intézetben töltötték, ahol elsősorban a prognózis- és teleprinter-szolgálat, valamint a műhold-felvételek feldolgozása iránt érdeklődtek. Az előrejelzések szervezését és módszereit *Máhr Jenő* osztályvezető-helyettes, a műholdas felvételekkel kapcsolatos munkákat pedig *Tánczer Tibor* tud. munkatárs beszámolója alapján ismerték meg. A délután folyamán a vendégek egy csoportja a martonvásári Agrometeorológiai Obszervatóriumot tekintette meg *Pletser János* obszervatórium-vezető kalauzolásával.

Francia vendégeink július 4-én utaztak el Budapestről, tanulmányútjuk következő állomására, Leningrádba. Megyőződsünk, hogy vendégeink kedvező benyomásokkal távoztak

házankból, és itt-tartózkodásuk tovább mélyítette a francia és magyar szakemberek barátságát.

✱

(Mészáros E.)

LÉGSZENNYEZŐDÉSI SZIMPÓZIUM LENINGRÁDBAN

Július 23—31 között nemzetközi szimpózium volt Leningrádban a légszennyeződés meteorológiai kérdései terén elért eddigi eredmények tárgyalására és összefoglalására. A szimpóziumon Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, a Német Demokratikus Köztársaság, Románia, a Szovjetunió és a Vietnami Demokratikus Köztársaság szakemberei vettek részt; a magyar meteorológiai szolgálatot *Szepesi Dezső* tud. csoportvezető és *Popovicsné Gubola Mária* tud. munkatárs képviselte.

Az üléseken 46 előadás hangzott el, melyek témája felölelte a légszennyeződés elméleti és kísérleti kutatásának teljes skáláját, erőművek, ipartelepek valamint települések vonatkozásában. Az előadások túlnyomó többsége az elméleti kutatások alapját képező turbulens diffúzió vizsgálatok eredményeiről számolt be. E témakörbe illeszkedett *Szepesi Dezső* „Az effluens turbulens diffúziójának meteorológiai feltételei” című előadása is, amelynek visszhangja bizonyította, hogy kutatásaink iránya és színvonala jó, eredményeink gyakorlati alkalmazása is megfelelő módon történik. A turbulens diffúzió vizsgálatának kvantitatív adatait szolgáltató *Euler-* és *Lagrange*-típusú terepmérések, valamint a modell-kísérletek eredményeinek bemutatása számos előadás tárgyát képezte. E vizsgálatok költség- és emberigénye nagy, ezért helyesebb részünkről a bizonyított eredmények elfogadása, ahol a kísérleti feltételek azonosságá ez lehetővé teszi. Hasonló a helyzet a műszerkonstrukciós vizsgálatoknál, valamint az effluens káros élet-tani hatásainak, toxicitásának, az egészségügyi és munkaügyi normák megállapításának vonalán is.

A szimpózium határozatai hangsúlyozzák, hogy a légszennyeződés problematikájának vizsgálatában egyre inkább a *meteorológiai* vonatkozások kerülnek előtérbe, mivel az effluens légkörbe jutása nem akadályozható meg. A kutatások fő feladataként a turbulens diffúzió folyamatának további megismerését jelöli meg. E feladat megvalósítása széles körű, komplex elméleti és gyakorlati munkát igényel. A szimpózium résztvevői megtekintették a Vojejkovo-i obszervatóriumot, a Geofizikai Főobszervatóriumban folyó kutatásokat, majd szervezett, színvonalas kulturális program keretében Leningrád nevezetességeit. A szimpózium magas szinten, kiváló szervezéssel zajlott le, ami a Geofizikai Főobszervatórium munkatársainak, elsősorban *M. E. Berljand* professzornak az érdeme.

(P. Gubola M.)

MIKROMETEOROLÓGIAI TANULMÁNYÚT ANGLIÁBAN

A magyar—angol kulturális csereprogram keretében, a Kulturális Kapcsolatok Intézetén keresztül 1968 első felében *Kissné Tóth Erzsébet*, az Orsz. Meteorológiai Intézet tud. munkatársa öthónapos tanulmányúton vett részt Angliában. Tárgykörében a momentum, a hő és a vízgőz turbulens átvitelének meghatározása a talajközeli légrétegben (elméleti tanulmányozás, a módszerek gyakorlati alkalmazása, kívánalmak a speciális meteorológiai műszerekre vonatkozóan), részvétel gyakorlati célú kísérleti mikrometeorológiai mérésekben, továbbá agrometeorológiai problémák megoldása szerepelt.

A tanulmányút első napjaiban, január 22-én és 23-án a bracknelli meteorológiai hivatalát látogatta meg, ahol *F. Pasquill* tájékoztatta a talajközeli légrétegben lezajló turbulens átviteli folyamatokkal kapcsolatos kutatások jelenlegi állásáról és eredményeiről, s egyúttal körvonalazta a tanulmányút programját is. Gondoskodott arról, hogy meglátogatva a hivatal egyes osztályait, áttekintést nyerjen az ott folyó munkákról.

Munkatársunk január 24-én érkezett Cambridge-be, s ott közel öt hónapot töltött, tanulmányozva a meteorológiai kutató egység munkáját, amelyet *D. Grant* vezet, s amely a meteorológiai hivatal egyik kutató csoportját képezi. E csoport központi témája a felszín és a légkör között lezajló fizikai cserék vizsgálata. *Kissné* munkája első részét a momentum, a hő és a vízgőz turbulens átvitelének meghatározására kidolgozott módszerek tanulmányozása képezte, amelynek során új megoldásokkal is megismerkedhetett, különös tekintettel a fenti jellemzők labilis rétegződési feltételek közt való alakulására.

Mint ismeretes, a tulajdonságmennyiségek átvitele meghatározható örvénykorrelációs módszer segítségével is, gyorsan reagáló érzékelőket alkalmazva a turbulens fluktuációk fel fogására. E berendezések azonban igen munkagigényesek, s jelenleg csupán néhány kutató csoport foglalkozik ezzel a megoldással. Munkatársunk ilyen méréseket Cardingtonban látott, a meteorológiai hivatal ott működő csoportjánál, amelyet *C. J. Readings* irányít.

A cambridgei csoport márciusban kezdte el Trumpingtonban folyó terepméréseinek előkészítését. A kísérlet a hőhajtartás valamilyeni komponensének mérésére illetve számítására kiterjedt. A párolgás meghatározására öt féle módszert alkalmaznak: lizimétereket, a neutron-szórásos nedvességmérést, az aerodinamikussá, az energiahajtartás számításán alapuló, valamint a Penman-féle módszert. A feladatok végrehajtásába munkatársunk is aktívan bekapcsolódott, s így a módszerek elméleti tanulmányozása és gyakorlati alkalmazása, a mérések előkészítése és végrehajtása, va-

lamint a speciális műszerek kezelése területén olyan ismeretekre tett szert, amelyeket hazai kutatásaink során is hasznosítani tudunk.

A rövid látogatások a mezőgazdasági tájékoztató szolgálat meteorológiai csoportjánál Cambridge-ben, valamint a *H. L. Penman* által vezetett rothamstedi kísérleti állomás fizikai osztályán Harpendenben, továbbá a *Prof. Monteith* által irányított agrometeorológiai vizsgálatok megtekintése Nottinghamban a tanulmányút szakmai tapasztalatainak értékes kiegészítését jelentették. Az angol kollégákkal a magyarországi kutatásokról folytatott eszmecsere eredményeként várható, hogy a jövőben a gabonaállományra vonatkozó vizsgálatok területén szoros kapcsolat alakul ki, amelynek során összehasonlíthatjuk az azonos módszerekkel különböző éghajlati viszonyok között megállapított hőháztartási komponensek alakulását.

(Antal E.)

✱

A MŰHOLDAK FÖLDI BERENDEZÉSEIVEL FOGLALKOZÓ MUNKACSOPORT ÜLÉSE

A meteorológiai mesterséges holdak földi berendezéseivel foglalkozó munkacsoport 1968. augusztus 12—15 között Moszkvában tartotta első ülését. A magyar meteorológiai szolgálatot *Kozák Béla* főosztályvezető-helyettes és *Mezősi Miklós* műszaki vezető képviselte.

A konferencia feladata az volt, hogy előkészítse az automatikus képtovábbító rendszerrel is ellátott — és 1970-ben fellövésre kerülő — szovjet meteorológiai mesterséges holdak földi berendezéseinek sorozatgyártását. (Mint ismeretes, az eddigi szovjet műholdak, a *Kozmosz*-sorozat tagjai, csak földi parancsra sugározzák le felhőképeiket, s így azok vétele csupán szovjet területen lehetséges.) A cél egy viszonylag olcsó, korszerű és könnyen szállítható (pl. hajókon is felállítható) vevőállomás kialakítása.

A szakértők részletesen megvitták a földi vevőállomás részére előírandó műszaki jellemzőket (az antenna nyeresége és típusa, az erősítő és a vevő érzékenysége, zajszintje, az infravörös regisztráló és képrajzoló adatai), majd számbavették, hogy az egyes szocialista országok ipara a vevőállomás mely részének gyártását tudná vállalni.

A magyar delegátusok véleménye szerint hazánk híradástechnikai ipara az antennaerősítő és a vevőkészülék gyártásában tudna résztvenni. Ezek előállítására azonban több jelentkező is van, s a versenyben az lesz a győztes, aki a munkacsoport jövő évi ülésén a műszakilag legjobb és ugyanakkor leggazdaságosabban gyártható mintadarabot tudja bemutatni.

Az értekezlet résztvevői megtekintették a moszkvai világközpontot és működés közben

láthatták azt a vevőberendezést, amely jelenleg a *Kozmosz*—226 televíziós és infravörös kameráival készült felhőképeket regisztrálja. A magyar delegátusok számára külön élményt jelentett az ESSA 6 amerikai műholdról Budapest és Moszkvában egyidejűleg vett felhőképek összehasonlítása. Nagyon hasznosnak bizonyult az a konzultáció is, amelyet a résztvevők a műholdképek távbeszélő-vonalon történő továbbításáról folytattak. (Mezősi M.)

✱

SZOVJET KÍSÉRLETEK AZ IDŐJÁRÁS MÓDOSÍTÁSÁRA

Wirth Endre, az Országos Meteorológiai Intézet tud. munkatársa 1968. augusztus 1 és 17 között a műszaki-tudományos együttműködés szervezésében tanulmányozta a jégeső-elhárítás módszereit, technikai és szervezési kérdéseit, valamint az eredmények ellenőrzésének menetét a Szovjetunió kaukázusi (krasznodari) körzetében.

A Magashegyi Geofizikai Intézet (Nalcsik) munkatársai 1956 és 1961 között nagyszámú kísérlet és elméleti vizsgálat alapján alkották meg a mesterséges beavatkozás alapjául szolgáló jégeső-képződési modellt. Ennek lényege a konvektív felhők középső részében elhelyezkedő ún. akkumulációs zóna nagy vízesszippjének részleges vagy teljes átkristályosítása. Ez nagyszámú jégesőre képződésre vezet, ami a felhő vízkészletét több részecskére osztja szét, és megakadályozza a nagyobb méretű jégdarabok kialakulását. A feladat megoldásához fel kell fedezni az akkumulációs zóna helyét, meg kell határozni az abban keletkező részecskék maximális méretét, majd ide be kell juttatni a kristályosító anyagot.

Az intézet munkatársai e követelményeket két hullámhosszon dolgozó radar-pár és légvédelmi ágyúk alkalmazásával elégitik ki. A jégeső-megelőző expedíció egy-egy „osztaga” — amely radarból, az általa irányított 5—7 ágyúból és a megfelelő személyzetből áll — a helyben felbocsátott rádiószonda adatai és a fakszimilén kapott szinoptikus térképek értékelése alapján jégeső-prognózist készít. „Jégeső várható” előrejelzés esetén indítják meg a folyamatos radar-megfigyeléseket, s amennyiben a védett terület fölött jégeső-képződési zónát fedeznek fel, parancsot adnak a beavatkozás végrehajtására. A kristályosító anyag (ezüst- vagy ólomjodid) bejuttatását mindaddig folytatják, amíg a radar-paraméterek értékei a zóna összeomlását nem mutatják. Az eredmények értékelését helikopter segítségével végzik; további kontrollt jelentenek a kolhozoktól és a biztosító-szervektől érkező kár- adatok.

A tanulmányút színhelyén, a krasznodari körzetben tízévi statisztikai adatok alapján a

védett területen pusztító jégverés a megelőzés első évében az 1/5-ére, a következő évben pedig kevesebb mint az 1/10-ére esökkent. Az eredmények láttán 1969-től kezdve az expedíció fenntartásának teljes költségét a mezőgazdasági minisztérium vállalja magára.

Hazánkban már megtörténtek az első lépések a Szovjetunióban közel 2 millió hektáron, szolgálatszerűen folyó jégeső-elhárítási munkák és módszerek adaptációjára. Remélhető, hogy a (főleg technikai jellegű) nehézségeket elhárítva, a közeljövőben Magyarországon is alkalmazásra kerül ez a világviszonylatban is egyedülálló sikereket felmutató eljárás, amely a jelentős gazdasági haszon mellett — a felhő fizika jelenlegi fejlődési stádiumát tekintve — nélkülözhetetlen kutatási anyag megszerzésével is kecsegtet. (Wirth E.)

✱

AZ ATS-III MŰHOLD ADÁSAINAK SIKERES VÉTELE BUDAPESTEN

1968. augusztus 17-én első ízben sikerült venni az Aerológiai Főobszervatóriumban az ATS-III jelű amerikai távközlési műhold kísérleti meteorológiai adását. Az ATS-III, mint ismeretes, az Egyenlítő síkjában, Brazília (pontosabban az Amazonas torkolata) fölött 36 000 km magasságban a Földdel szinkronban keringő műhold, amely az amerikai meteorológiai szolgálat által készített időjárási térképeket, felgömbi méretű felhőképeket és egyéb információkat továbbít Európa, Afrika, Észak- és Dél-Amerika részére.

A távközlések jelenlegi periódusa még kísérleti jellegű, és így annál nagyobb jelentőségűnek tartjuk, hogy szolgálatunk eredményesen kapcsolódott be a világméretű kísérletbe. A tőlünk 42 000 km távolságra levő műholdról eddig vett térképek tökéletesen olvashatók. Hasonlóan jó minőségűek a kontinentális méretű felhőképek — amelyeket koordináta-hálózattal ellátva sugároz le a távközlési műhold —, valamint az érdekes kivételű vizsgálóábra, az ún. monoszópj is.

Az ATS elnevezésű távközlési műholdak részletes ismertetését olvasóink jelen számunk 305—306. oldalán találják meg. (Mezősi M.)

✱

BÉLL BÉLA DOKTORI ÉRTEKEZÉSÉNEK VITÁJA

A disszertáns — a Magyar Meteorológiai Szolgálat tudományos igazgatóhelyettese — 1968. július 5-én mutatta be a MTA felolvasó termében a TMB által nyilvános vitára bocsátott doktori értekezését, melynek témája a Budapest fölötti szabad troposzférában végbe- menő lokális hőmérsékletváltozás advektív

komponensének meghatározása volt. Az értekezés opponensei *Bacsó Nándor* a földrajzi tudományok doktora, *Barta György* a műszaki tudományok doktora és *Csókás János* a műszaki tudományok kandidátusa voltak.

A bemutatott értekezés célja a Budapesten végzett rádiószonda mérések alapján a szabad troposféra átlagos advektív hőforgalmának vizsgálata, vagyis aeroklimatológiai eredmények levezetése. A hőmérséklet advektív változása a hőmérsékleti és az áramlási mező függvénye, ezért a kérdés csakis hemiszférikus szemlélettel tárgyalható. A hőmérsékleti advektió a Kárpát-medencén belül az itteni cirkuláció függvénye. A cirkulációs tényező medencénkben (*Berkes* szerint) a talajközeli légáramlásban 12,5 százaléknyi, viszont a növekvő magassággal együtt nő az értéke. A disszertáns megállapítása szerint 1500 m magasságban már 33 százalék, 5 km felett pedig 50 százalék a külső légsere mértéke. A talaj hőforgalmát *Bacsó* vizsgálta, és szerinte a légátvitel hazánk éghajlatát hűti. *Béll* az Atlanti-óceán hűtő hatását a felsőbb légrétegekben is megtalálta, de csak a nyári évszakban. Télen a szabad troposféra W—SW-ről származó hőbevétele szélességi körünk átlaghőmérséklete fölé emeli hőmérsékletünket és itt már a Földközi-tenger hatása is számításba veendő. Ez a téli hőbevitel a magassággal csökkenő intenzitást mutat. A talajközeli hőmérséklet júliusi pozitív anomáliája csak 1 km magasságig érezhető, afölött már a hűtő hatás érvényesül. A vizsgálatokat a disszertáns a budapesti 1950—1956 közötti rádiószondás mérések, illetve az 1961—1965 közötti szélmérések alapján végezte; az első időszakban közvetlen hőmérsékleti megfigyelések szerint, a másodikban pedig a termobárikus modell alapján. Megállapítja azt is, hogy Magyarország éghajlata a felsőbb szintekben (850 mb felett) az óceáni és a kontinentális hatások határzónájában fekszik. Ez a tény is magyarázza időjárásunk nagyfokú szeszélyességét. A hőmérsékleti advektió egyébként egész évre számítva csekély (2 kcal/cm² év), noha a téli-nyári összetevők nagyságrenddel nagyobbak. Az advektió előjele tehát nagymértékben függ attól, hogy a két összetevő közül melyik az erősebb. Ez pedig az egyes időszakok széliránygyakoriságának a függvénye.

A hozzászólások során *Bacsó* és *Berkes* éppen az utóbbi ponthoz kapcsolódtak, megállapítva, hogy pl. az 1951—1960-as évtized cirkulációja lényegesen más jellegű — atlanti — volt, mint pl. az 1901—1940 közötti — mediterrán jellegre utaló cirkulációjú — időszak. *Láng Sándor* a talajszélre vonatkozó hasonló vizsgálatok fontosságát hangsúlyozta. *Barta György* a cirkuláció hőszállításiával kapcsolatban a latens-hő jelentős szerepére utalt. *Csókás* professzornak az opponensi véleményben felvetett kérdései a disszertáció geofizikai vonatkozású nagy részét érintették és

alkalmat adtak a jelöltnek a légkör hőmérsékleti rétegződésének és a kontinentalitás jelenségeinek részletesebb elemzésére.

A bíráló bizottság elnöke, *Pécsi Márton* lev. tag, összefoglalójában kiemelte a disszertáció úttörő jellegét a hazai aeroklimatológia terén. A benne foglalt cirkulációs, illetve advektív vizsgálatok hazánk éghajlatának bővebb megismerését teszik lehetővé az egész szabad troposzférára vonatkozóan is. A bíráló bizottság ellenszavazat nélkül egyhangúlag javasolta a vizsgálatokért *Béll Béla* részére a *tudományok doktora* cím odaítélését.

(*Berkes Z.*)



AZ V. RGR ÜLÉS OBNYINSZKBAN

Az 1967. évi potsdami igazgatói konferencia javaslata alapján a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálat 1968. július 30 és augusztus 2 között Obnyinszkban hívta össze a szocialista országok meteorológiai szolgálatai radioaktív munkacsoportjának (RGR) V. ülését. Az ülésen a vendéglátókon kívül részt vettek a bolgár, a csehszlovák, a lengyel és a keletnémet hidrometeorológiai szolgálatok delegációi. A magyar meteorológiai szolgálatot *Simon Antal* tud. munkatárs képviselte.

Az ülést *M. A. Petroszjanc*, a Kísérleti Meteorológiai Intézet (Obnyinszk) igazgatója nyitotta meg. Rámutatott arra, hogy a IV. ülés (Prága, 1966) óta eltelt időben az atomserompó-szerződés nyomán jelentősen csökkent a sugárzási szint a levegőben, a vízben és a talajban egyaránt. Az atomserompó-szerződés aláírása megakadályozta a nukleáris fegyverek számának növekedését, és csökkenti a radioaktív anyagokkal való szennyeződés potenciális lehetőségét. Gyorsabban fejlődhet az atomenergia békés felhasználása és növekedhet az atomerőművek száma. A hidrometeorológiai szolgálatok elé ez a helyzet új feladatokat állít. Jelen ülészak feladata a hidrometeorológiai szolgálatok felkészítése ezen új feladatokra.

Az RGR ülést szimpózium előzte meg, ahol 16 előadó a mesterséges eredetű radioaktivitás mérésének metodikáját, a mérések eredményeit, valamint a természetes radioaktivitás problémáját elemző tárgykörökből tartott beszámolót. Az elhangzott előadások közül ki kell emelni *J. L. Karol*, *A troposzférában és az alsó sztratoszférában végbemenő planetáris légcseré tanulmányozása radioaktív nyomjelzőkkel* című felolvasását, amely a legtöbb új ismeretet nyújtotta az általános cirkuláció sajátosságainak vizsgálatáról. E sorok írója *A légkör természetes radioaktivitásának mérése Budapesten* címmel tartott beszámolót.

Az RGR delegátusai és vendégei a megbeszélések befejezése után meglátogatták az ob-

nyinszki atomerőművet, amely 1954 óta áll a békés atomenergia-felhasználás szolgálatában. Lehetőség nyílt a Kísérleti Meteorológiai Intézet laboratóriumi, az alsó troposzféra kutatását szolgáló 308 m magas meteorológiai torony, a kísérleti felhőfizikai kutatásokat végző aeroszol-, valamint a radiokémiai, radiometriai és gamma-spektroszkópiai laboratóriumok megtekintésére, s az ott dolgozókkal eszmecsere folytatására.

(Simon A.)

✱

NEMZETKÖZI HIDROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEK AZ AMERIKAI NAGY-TAVAKON

Mi volt az oka a Nagy-Tavak vízszintje 1952-től 1965-ig tartó rendkívül nagyarányú csökkenésének — a csapadék hiánya, a megnövekedett párolgás, az emberi tevékenység által előidézett változások, vagy talán kevésbé jelentősnek tűnő tényezők, mint a talajvíz-utánpótlásnak bekövetkezett vagy geológiai jellegű változások? Hogyan módosítja a vízfelszín a fölttte átáramló levegő fizikai tulajdonságait? Befolyásolja-e a víztükör a környezetben lehulló csapadék mennyiségét? Milyen módon lehet pontosan meghatározni a nagy vízfelszínről történő párolgás intenzitását? Lehetséges-e a tavak fizikai folyamatait mestersegesen szabályozni és milyen következményekkel járhat az emberi beavatkozás? Ilyen és ehhez hasonló kérdésekre várnak közvetlen választ azoktól a teremprérésektől, amelyeket a Nemzetközi Hidrológiai Dekád keretében az Egyesült Államok és Kanada részvételével hajtanak végre a Föld legnagyobb édesvíz-mennyiségét tartalmazó, 40 millió ember vízszükségletét fedező Nagy-Tavakon.

A már tavaly megkezdett előkészítő munkát követően a teremprérések 1970. április 1-én indulnak meg, és 1971. szeptember 30-ig tartanak. A tervezett vizsgálatok négy alap-téma köré csoportosulnak: (a) légköri vízháztartás; (b) felszíni- és talajvízháztartás; (c) energia-egyensúly; (d) vízmozgás. Óceánográfiai és meteorológiai szempontból különösen érdekesnek ígérkeznek azok a kutatások, amelyek a tavat egy óceán modelljeként tekintve a levegő és a víz közötti érintkezési felület fizikai problémáit hivatottak leírni. Ismeretes ugyanis, hogy az ezen felületen keresztül lebonyolódó hő-, vízgőz- és impulzus-csere tanulmányozása középponti témája mind a GARP, mind pedig a WWW keretében folyamatban levő világméretű kutatási programnak.

Az analíziseket és a nyert eredmények más tavakon történő ellenőrzését 1972 végéig szándékoznak befejezni. A vízszintváltozások okait, a párolgásmérés technikáját, a vízfelszín klímamódosító hatását, a jégképződés és olvadás folyamatát, valamint a víztömeg hidrodin-

amikai, kémiai és biológiai tulajdonságait elemző kutatások várható eredményei természetesen nem korlátozódnak kizárólag a Nagy-Tavak környékére. A kutatásokat szervező bizottság egyik célkitűzése éppen az, hogy a nagyszabású munka nyomán levonható következtetések a Föld számos nagy tavnál szintén alkalmazhatók legyenek. A Nagy-Tavakra vonatkozó megállapítások egy részét így bizonyára sikerrel lehet majd Közép-Európa legnagyobb kiterjedésű tava, a Balatonra is általánosítani.

(Götz G.)

✱

AZ UNIVERZÁLIS OZONMÉTER LENINGRÁDI HITELESÍTÉSE

Hazánkban 1966 májusa óta folynak a légköri teljes ozontartalommal kapcsolatos mérések. A megfigyeléseket a szovjet gyártmányú, Guscinsz-féle M—83 típusú univerzális ozonométerrel véggezzük. A mérések pontossága nagymértékben függ a műszerben levő színszűrők és fényfelgőgő elemek megbízhatóságától. Ezért az univerzális ozonométereket két évenként össze kell hasonlítani az ozonméréseknél alapműszerként elfogadott *Dobson*-féle spektrofotométerrel. Tekintettel arra, hogy a budapesti 22. számú műszer utolsó hitelesítése 1965 őszén történt, 1968. június 5—20 között *Ventura Eduárd* tud. munkatárs a műszert a leningrádi Geofizikai Főosztály laboratórium alpműszerével összehasonlította. Az ellenőrző mérések tanulsága szerint a műszer állandóiban lényeges változás nem következett be, de bizonyos mikroorganizmusok a színszűrők felületét megtámadták. Bár ez az adott pillanatban még nem jelentett számottevő hibát, a szovjet munkatársak a színszűrőket készséggel kicserélték, sőt tartalék színszűrőkről is gondoskodtak. A színszűrő cserét követően mintegy 10 napon keresztül párhuzamos mérések folytak különböző nagmagassági szögek és léghőmérsékletek mellett. A kapott eredmények alapján meghatározták az univerzális ozonméter új szor-zóit.

Ugyancsak a tanulmányút során készültek el a zenit szerinti ozonmérésekhez szükséges grafikonok is. Ezáltal lehetővé vált, hogy 1968. július 1-én megindítsuk a rendszeres zenit szerinti ozonméréseket. Ezek a mérések fontos kiegészítői a közvetlen napfény szerinti méréseknek olyan napokon, amikor a felhőzet jelenléte miatt kellő számú közvetlen napfény szerinti mérést végezni nem lehet.

A tanulmányút során hasznos megbeszélések folytak az aerológiai mérések, valamint a villámszámláló műszerekkel kapcsolatos problémák terén is.

(Ventura E.)

ÚJ MESTERSÉGES HOLDAK

1968. március 4-én lótték fel a floridai Cape Kennedy támaszponttól az *Orbiting Geophysical Observatory* (OGO) elnevezésű műholdcsalád ötödik tagját, amely erősen elliptikus pályára került (perigeum 291 km, apogeum 146 764 km), s keringési ideje csaknem 63 óra. Berendezési a szoláris és galaktikus kozmikus sugárzás, valamint a mágneses és elektromos mezők intenzitását méri, információkat szolgáltatnak az ún. szoláris és magnetoszférikus szélre, az északi fényvel kapcsolatos jellemzőkre, az ionoszféra és a felső légkör összetételére, a mikrometeoritokra és még egy sor más geofizikai jellemzőre vonatkozóan. Az OGO-V adatait folyamatosan összehasonlítják a holdcsalád első, harmadik és negyedik tagjának szimulált méréseivel (az OGO-II holdat 1967 novemberében megsemmisítették).

A *Meteor* elnevezésű időjárás-műhold-rendszer negyedik tagját a Szovjetunióban 1968. június 12-én helyezték pályára. A hold a *Kozmosz-226* jelzést viseli; pályaelemei (perigeum 603 km, apogeum 650 km, keringési idő 96,9 perc) megegyeznek az előző meteorológiai műholdak orbitális adataival.

A TOS-rendszer 1968. augusztus 16-án az ESSA 7 műholddal gyarapodott. Ez a mesterséges hold — mint a rendszer páratlan számú tagja — globális felhőkép-gyűjtést, továbbá sugázméréseket végez a washingtoni meteorológiai világközpont számára.

(Götz G.)

✱

ÖSSZEFÜGGŐ JÉGMEZŐ GRÖNLAND ÉS IZLAND KÖZÖTT

Grönland keleti partvidéke előtt a jégmező már közel egy éve sokkal kiterjedtebb a normálnál. A sarki jég az elmúlt tél folyamán a Dánia-szoroson át fokozatosan dél felé terjeszkedve a megszokottnál lényegesen alacsonyabb földrajzi szélességekre hatolt le és április közepén elérte Izland északi partvonalát. A jég-táblákon Izland lakói a poláris tájakról érkezett jegesmedvéket is megfigyeltek, amiről — csakúgy, mint a szigetet Grönlanddal összekapcsoló jégmezőre — ebben az évszázadban még nem volt példa.

(Götz G.)

✱

PORVIHAR BUDAPESTEN

Az idei tavasz és nyárelő aszályá fajult tartós szárazsága és szélsőséges hőmérsékleteket produkáló hőségperiódusa nemcsak meteorológiai, hanem levegőtisztasági szempontból is különleges jelenségekkel járt együtt. Ez

utóbbiak sorában külön érdeklődésre tarthat számot a július 11—12-én a Brit szigektől a Balti-tenger térségébe nagy sebességgel áthelyeződő mérsékelt övi ciklon, melynek hatására július 11-én hazánk fölél eleinte erős déli széllel forró, száraz szubtrópusi levegő áramlott be; a hőmérséklet a déli órákra Budapesten 37,4 fokig emelkedett. Kora délután azonban megkezdődött a hűvös levegő beáramlása, mely viharos erejű szellőkéséssel kevéssel 16 óra után érte el a főváros térségét, szinte percekkel belül 10—15°-kal csökkentve a hőmérsékletet.

A gyors és heves időjárás-fordulat szokatlannal erős porviharral járt. Erre vonatkozólag az alábbiakban az Országos Közegészségügyi Intézet meteorológiai észlelő tornyában, 1968. július 11—12-én végzett méréseket és észleléseket ismertetjük:

11-én, a délelőtti órákban a S irányú szél fokozatosan erősödött, és 13 órára elérte a 25 km/h sebességet. A levegő porszennyeződése és a látástávolság a szokásosnak megfelelő volt. 16 órakor a szél tovább erősödött, előbb W, majd N irányúvá vált. Sebessége ekkor elérte a 35 km/h, néhány szellőkése a 90 km/h nagyságot. Hasonló sebességű szél más esetekben is előfordul anélkül, hogy porvihart okozna. Most azonban a rendkívül hosszantartó szárazság miatt nagy mennyiségű port juttatott a föld felszínéről a levegőbe. Ebben valószínűleg szerepe volt a hirtelen sebesség- és irányváltozásnak is. Az utcákon porfelhőket sodort a szél, mely akadályozta a légzést, a szem nyitvatartását és a közlekedést. A Zeiss 10 typ. koniméterrel mért lebegő porszemcsék száma rendkívül magas, 7 800 szemcse/ccm volt. Ugyanekkor a szemcsék nagyság szerinti megoszlása is változott: erősen megnövekedett a durva frakciók százalékos aránya. A látástávolság is szokatlanul alacsonyra csökkent, és a látóhatárt minden irányban szürkés-barna porfelhő határolta. Ismeretes egyébként, hogy Budapest levegőjére nem jellemző a magas porszennyeződés. Éjszaka a szél kissé csökkent, némi csapadék is hullott, 12-én reggelre pedig a levegő minden szempontból igen tisztának mutatkozott.

Jelen eset kivétel a szabály alól, amely szerint a fokozódó szélről a levegő tisztulását segíti elő. Megjegyzendő azonban, hogy a levegő kéndioxid-szennyeződése „betartotta” a szabályt. A szélről növekedésével folyamatosan csökkenve, a porvihart tetőpontján is igen alacsony értéket mutatott. Ez felhívja a figyelmet a szilárd és gáz alakú szennyezőanyagok természete közötti lényeges különbségekre.

A jelenség idején a felhőtlen, szürke égbolt, tűző napfény, a 30 °C föléti hőmérséklet és az alacsony páratartalom forró égövi homokvihar benyomását keltette. Adatainkat táblázatban foglaltuk össze:

OKI	1968. július 11-én 12-én			
	8 ^h	13 ^h	16 ^h	8 ^h
Por- szemcse/ccm	190	128	7 800	82
Por %-os megoszlása:				
< 5 μ	98,5	99,3	87,1	99,7
5—10 μ	1,4	0,7	11,0	0,3
> 10 μ	0,1	0,0	1,9	0,0
Szélirány	S	S	N	NW
Szélsebesség [km/h]	12	25	35*	20
Látás [km]	20	50	10	50
SO ₂ [mg/m ³]	0,223	0,113	0,077	0,060

* lökések 90 km/óra.

(Várkonyi T.)

✱

IPARI BALESEK ELŐREJELZÉSÉNEK METEOROLÓGIAI ALAPJAI

címen *Örményi Imre* (ORFI) tartott előadást a Magyar Meteorológiai Társaság Orvosmeteorológiai Szakosztálya és a Magyar Balneoklimatológiai Egyesület Klimatológiai Szakosztálya együttes előadóülésén 1968. június 20-án, *Halmi György* (Beloianisz Híradástechnikai Váll.) *Paulay Lajosné* és *Krasznovszky Jánosné* (Budapesti Közlekedési Váll.) korreferátumaival kiegészítve. Az orvosmeteorológiai prognózisok felhasználásának tapasztalatai — hozzávéve a közlekedési balesetek időjárás hatására bekövetkező valószínűség-növekedésének előrejelzési eredményeit — lehetővé tették az ipari munka során hasonló okból bekövetkező veszélyességnövekedés prognosztizálásának megkísérlését. Az eddig kiértékelt statisztikai anyagból kiviláglik, hogy korreláció van a meteorológiai, szoláris és geomágneses tényezők, illetve az ipari balesetek között. Számos hozzászólás megerősítette az előadónak azt a véleményét, hogy további eredmények az érdekelt szakminisztériumok hatékony támogatásától remélhetők.

(Gajzágó L.)

NEMZETKÖZI HATÁROZAT AZ IDŐJÁRÁSI HAJÓK TOVÁBBI SORSÁRÓL

Az Atlanti-óceán északi részének kijelölt pontjain állomásozó, különböző államok által üzemeltetett időjárás hajók a második világháborút követő évek óta — gyakran igen nehéz körülmények között is hőiesen helytálló — biztosítanak naponta többször rendszeres felszíni és aerológiai adatokat az előrejelző központok számára. Hosszú éveken át nélkülözhetetlen szerepük azonban a legutóbbi időben némiképp halványult, és többször is szóba került a már meglehetősen koros hajók esetleges visszavonásának kérdése. Márciusban Párizsban az ICAO és a WMO képviselőiből álló nemzetközi konferencia tűzte napirendjére a hajók sorsát. A határozat értelmében a meteorológiai mesterséges holdak és a speciálisan műszerezett kereskedelmi hajók által szolgáltatott információk legfeljebb öt év múlva állnak majd azon a szinten, hogy helyettesíthetik az időjárás hajók megfigyeléseit, addig az óceáni hajózás és légitforgalom biztonsága továbbra is megköveteli üzemeltetésüket.

(Götz G.)

✱

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG VÁLASZTMÁNYA

1968. június 13-án tartotta második negyedévi ülését a Technika Házában. *Dési Frigyes* elnök megnyitó szavai után *Szakály József* főtítkárt ismertette a MMT I. félévi munkáját és a II. félév munkatervét, vázolta a magyaróvári vándorgyűlés programját is. *Tóth József*, a gazdasági bizottság elnöke előterjesztette az 1967. évi pénzgazdálkodásról szóló jelentést, amit a Választmány jóváhagyólag tudomásul vett.

Végül a főtítkárt bejelentette, hogy a MTESZ idén ünnepli főmállásának huszadik évfordulóját. A jubileumi közgyűlésre, amely 1968. szeptember 19—20-án lesz, a Választmány küldöttséget jelölt ki, ennek tagjai *Dési Frigyes* elnök, *Béll Béla* társelnök, *Szakály József* főtítkárt, *Aujeszky László* a tudományos tanács, *Kakas József* a Választmány részéről és *Boros József* a szegedi csoport titkára.

(Koppány Gy.)

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET HIVATALOS LAPJA

A szerkesztésért felel: az Orsz. Meteorológiai Intézet igazgatója
Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285
Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

68 3580

100 éves az Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla igazgató

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
VÁNDORGYŰLÉSEINEK ANYAGÁT

tartalmazó kötetek korlátozott példányszámban még
kaphatók:

	ÁRA	
Az ipari meteorológia kérdése	31	Ft
Hévízfürdő természeti viszonyai és gyógyászatának néhány részlete	18	Ft
Alkalmazott éghajlattani kutatások Délkelet-Dunántúlon	26	Ft
A légszennyeződés a Veszprém megyei iparvidéken	26	Ft
A Balaton meteorológiájának és hidrológiájának néhány kérdése	26	Ft
Az erdészeti meteorológia néhány kérdése	26	Ft
Az öntözéses gazdálkodás agrometeorológiai kérdései a Tiszántúlon	26	Ft

A kiadványok megvásárolhatók a Magyar Meteorológiai Társaság titkárságán (Budapest, V. Szabadság tér 17.), vagy megrendelhetők postai úton az összeg egyidejű befizetésével a „Magyar Meteorológiai Társaság, Budapest; bevételi számla” 171.249-70 sz. csekkszámlára.

CONTENTS—INHALT—SOMMAIRE—СОДЕРЖАНИЕ

<i>Bodolai, I.—Bodolai, E. J.</i> : Fifty Years of the Concept of Fronts	257
<i>Gandin, L. S.—Kagan, R. L.—Tarakanova, V. P. (Leningrad)</i> : Zur Frage der rationellen Planung des Beobachtungsnetzes der Lufttemperatur (Deutscher Text)	271
<i>Kowaltschik, S. (Warszawa)</i> : Verifikation des meteorologischen Stationsnetzes in Polen mit Hilfe der Analyse der Strukturfunktion und des maximalen Interpolationsfehlers (Russischer Text)	279
<i>Maschkowitsch, S. A. (Moskwa)</i> : Die Dichte des aerologischen Stationsnetzes aus dem Standpunkte der numerischen Vorhersage der meteorologischen Felder (Russischer Text)	284
<i>Czelnai, R.—Szesztay, K.—Rákóczi, F.</i> : A Network for the Measurement of the Evaporation from Water Surfaces in Hungary (German Text)	291
<i>Rákóczi, F.</i> : Statistical Entropy, a Characteristic of Meteorological Fields (German Text)	298
<i>Götz, G.</i> : Meteorological Satellites (III.)	305
Literature	
<i>Ambrózy, P. (red.)</i> : Principles of Dynamical Weather Forecasting (Makai, M. C.)	308
<i>Jones, R. F.—McInturff, R. M.—Teweles, S.</i> : Meteorological Problems in the Design and Operation of Supersonic Aircraft (Ozora, Z.)	309
Chronicle	310