

# 77 973 IDŐJÁRÁS

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

AMBRÓZY P. (Budapest), BAUR, F. (Bad Homburg), BERGERON, T. (Uppsala), BESSEMOULIN, M. J. (Paris), BODOLAI I. (Budapest), BOSSOLASCO, M. (Genova), BÖHME, W. (Potsdam), BUDYKO, M. I. (Leningrad), ČADEŽ, M. (Beograd), CZELNAI R. (Budapest), DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi), DONEAUD, A. (București), GÖTZ G. (Budapest), HROMOV, SZ. P. (Moszkva), JAHO, S. (Tirana), KONČEK, M. (Bratislava), KOZÁK B. (Budapest), KRASZTANOV, L. (Szofija), LOGVINOV, K. (Kijev), MÄDE, A. (Halle/Saale), VÁN MIEGHEM, J. (Bruxelles), NGUYEN-XIEN (Hanoi), OKOLOWICZ, W. (Warszawa), PASZYNSKI, J. (Warszawa), PÉCZELY GY. (Budapest), RÁKÓCZI F. (Budapest), STEINHAUSER, F. (Wien), STELCZER K. (Budapest), SZEPESI D. (Budapest), TAKEUCHI, K. (Osaka), TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator), VITEK, V. (Praha), WHITE, R. M. (Rockville).

ELNÖK:

**DÉSI F. (BUDAPEST)**

SZERKESZTŐ:

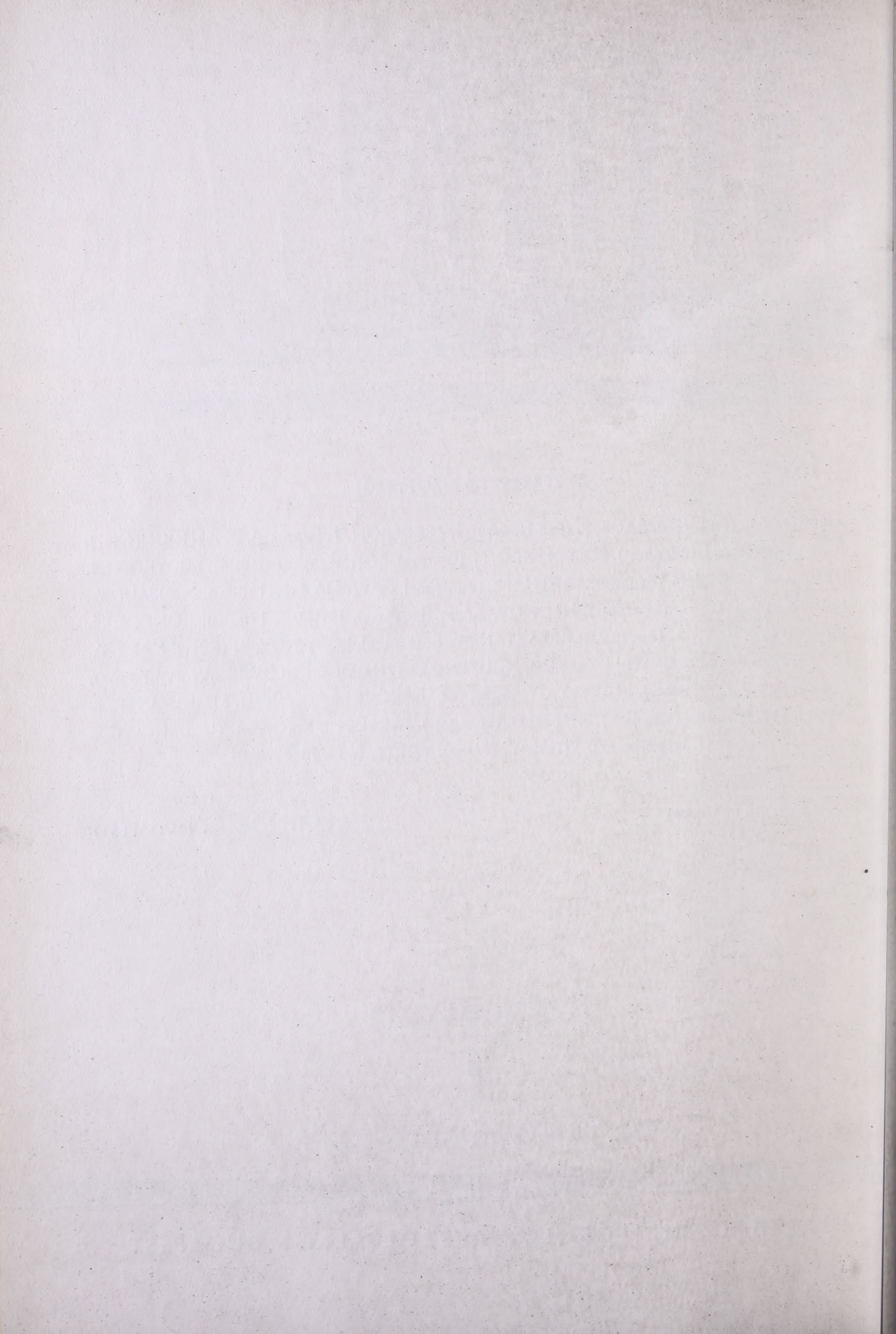
**LŐRINCZ A. (BUDAPEST)**

**77. ÉVFOLYAM**

**1**

**1973. JANUÁR—FEBRUÁR**

**ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT · BUDAPEST**



# IDŐJÁRÁS

77. ÉVFOLYAM

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

1

1973 JANUÁR—FEBRUÁR

---

BUDAPEST

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## E SZÁM SZERZŐI

PÉCZELY GYÖRGY, a földtudományok doktora, a Központi Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettese, *Budapest*; GÖTZ GUSZTÁV, a Központi Előrejelző Intézet tud. osztályvezetője, *Budapest*; GÖTZNÉ SZALAY GABRIELLA tud. munkatárs, Központi Előrejelző Intézet, *Budapest*; F. GESZEK, a Szlovák Tudományos Akadémia Meteorológiai és Klimatológiai Intézetének tud. munkatársa, *Bratislava*; dr. J. RAK kandidátus, a bratislavai Hidrometeorológiai Intézet igazgatóhelyettese, *Bratislava*; D. ZAVODSKI, a természettudományok doktora, a bratislavai Hidrometeorológiai Intézet osztályvezetője, *Bratislava*; MÉSZÁROS ERNŐ, a földtudományok doktora, a Központi Léggörfizikai Intézet igazgatóhelyettese, *Budapest*; V. SAROV, a matematikai és fizikai tudományok kandidátusa, a Bolgár Népköztársaság Hidrometeorológiai Intézetének főmunkatársa, *Szófia*.

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## TARTALOMJEGYZÉK

Péczely György: A csapadék évi összegeinek változékonysága a Földön .....	5
Götz Gusztáv—Szalay Gabriella: Cellás konvekció a légkörben és néhány sajátossága az észak-atlanti térségben .....	12
Geszek, F. — J. Rak — D. Zavodszki: A kén-dioxid területi megoszlásának vizsgálata Bratislavában .....	25
Mészáros Ernő: A csapadékvíz kémiai összetétele Közép-Európában .....	35
Sarov, V.: A talajfelszín hirtelen változásának hatása a függőleges mozgásokra és a felhőzetre .....	48

### rodalom

Baur, F.: Hosszúlejárátú előrejelzés (Koppány György) .....	56
Bolgár Tudományos Akadémia: A mezőgazdaság éghajlati erőforrásai az európai szocialista államok területén (Kakas József) .....	57

### Krónika

Az RGMAZA második szimpóziuma (Nárai K.) — A kozmikus meteorológiai kutatások tanulmányozása a Német Demokratikus Köztársaságban (Koppány Gy.) — Az MTA Föld- és Bányászati Osztálya (Kéri M.) — Munkaértekezlet a légköri diszperzióról (Szepesi D.) — Szimpózium a meteorológiai mezők szerkezetéről és az adatellenőrzéséről (Rákóczi F.) — A meteorológiai adatfeldolgozás, adatszolgáltatás tanulmányozása a Német Demokratikus Köztársaságban (Farkas A.—Papp É.) — Szimpózium Minszkben az automatikus meteorológiai állomásokról (Mezősi M.) — Klimatológiai szimpózium Varsóban (Wágner M.) — Czelnai Rudolf előadásai külföldön (Ambrózy P.) — Az MMT Választmányi ülései (Simon A.) — Tudományos kollokvium Ertel emlékére (Lőrincz A.) — A Magyar Meteorológiai Társaság előadóülése (Saiók J.) — Tíz éves a WWW (Ambrózy P.) — Légszennyeződési tanulmányút a Szovjetunióban (Nárai K.) ... 58

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Péczely G.</i> : Variability of Annual Precipitation Sums over the World (English Text) .....	5
<i>Götz G.—Szalay G.</i> : Cellular Convection in the Atmosphere and its Characteristics over the North-Atlantic Region (Abbreviated English Text) .....	12
<i>Гесек, Ф.—Рак, Й.—Завоески, Д.</i> : Изучение поля концентрации SO в Братуслане (По-русски) .....	25
<i>Mészáros E.</i> : Chemica 1 Composition of Precipitation Water in Central Europe... ..	35
<i>Шаров, В.</i> : Влияние резкого изменения подстилающей поверхности на вертикальные движения и облачность (По-русски) .....	48
 Literature	
<i>Baur, F.</i> : Langfristige Witterungsvorhersage ( <i>Koppány György</i> ) .....	56
<i>Bulgarische Akad. D. Wissenschaften</i> : Agrarklimatische Ressourcen des Territoriums der sozialistischen Länder Europas ( <i>Kakas József</i> ) .....	57
Chronicle .....	58

## Global Distribution of the Variability of Annual Precipitation Totals

G. PÉCZELY, Central Meteorological Institute, Budapest

*Изменчивость годовых сумм осадков на Земле.* В работе анализируется планетарная система разброса годовых сумм осадков. На разброс влияют средние величины осадков, в связи с чем автор определяет вид функции  $\sigma = f(M)$  где  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение,  $M$  — среднее арифметическое значение, действительный для всего земного шара. Зависимость, определенная по ряду данных 370 станций наблюдения за 30 лет, представлена формулой (8). Затем, для всех станций были подсчитаны и представлены в виде карт частные  $Q$  разбросов, определенных по формалам (2) и (8) (рис. 1). Площади, характеризующиеся резкой изменчивостью годовых сумм осадков ограничиваются величиной  $Q > 1,25$ , а площади, характеризующиеся небольшой изменчивостью — величиной  $Q < 0,75$ . Для годовых сумм осадков характерна небольшая изменчивость в районах с устойчивыми системами ветров, в то время, как районы с большой изменчивостью годовых сумм осадков связаны, в основном, с тропическими муссонами. Сильная изменчивость сумм осадков в экваториальной зоне Тихого океана объясняется периодическими смещениями положения внутритропической зоны конвергенции, что подтверждается противоположной связью годовых сумм осадков в районах Тихого океана, располагающихся вдоль экватора и ограничивающихся широтами  $10-15^\circ$  ю. ш., соответственно (рис. 3 и 4).

\*

Annual sums of precipitation are varying from one year to the other. There are several points of view from which this variability is of importance. Investigations in this field as to yet were mainly limited to precipitation variability within one country or within a given continent. Among the more recent results we mention the work of *Gentili, Waldham and Wood* [1] concerning Australia, the work of *Dubief* [2/a] concerning North-Africa and that of *Schulze* concerning South-Africa [2/b] which are containing charts of precipitation variability.

The amount of variability of the annual precipitation sum may be defined on the basis of any scatter parameter. The *mean deviation*

$$d = \frac{\sum |x - M|}{n} \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

as well as the *standard deviation*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{n}} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

(where  $x$  is the precipitation sum in millimetres,  $M$  is the arithmetical mean value in millimetres and  $n$  the number of years considered) and the *interquartile range*

$$D = x(25\%) - x(75\%) \text{ [mm]} \quad (3)$$

(defined on the basis of the empirical distribution functions of the precipitation sums) may be equally used for this purpose.

It is well known that, in the case of precipitation, the values of the scatter parameters are varying with the arithmetical mean; therefore, the values (1) and (2) are given usually in units of the arithmetical mean and those of (3) in per cents of the median value. Among the transformed, dimensionless scatter parameters, the *variation coefficient*

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{x}{M} - 1 \right)^2}{n}} = \frac{\sigma}{M} \text{ [-]} \quad (4)$$

is generally used.

This procedure, however, in not eliminating from the spatial field of scatter the influence exerted by average values, in the same way as it is the case of using non-transformed dimensional parameters, a fact which will be demonstrated in the following.

The connection existing between the standard deviation and the arithmetical mean of annual precipitation sums for a given region is described by the relation

$$\sigma = a \left( \frac{M}{M_0} \right)^b \quad (5)$$

where  $M_0$  is the arithmetical mean from the average monthly precipitation sums  $M$  existing within a given region, and the constants  $a$  and  $b$  are possessing positive values.

Applying this on the variation coefficient  $C_v$ , we have:

$$C_v = \frac{aM^{b-1}}{M_0^b} \quad (6)$$

In the case of  $b$  being different from unity, the variation coefficient itself is a function of  $M$ ; however, in the case  $b=1$ , the spatial field of the variation coefficient is becoming a homogeneous one. This later case, however, is contradicting experience; in reality, it does not occur.

Actually, the relations (5) and (6) are of a *stochastic* character, thus, the standard deviation of the annual sums is not determined solely by the arithmetical means.

Therefore, we may write a functional symbol

$$\sigma = F \left( \frac{M}{M_0}, \alpha, \beta, \gamma, \dots \right) \quad (7)$$

in which  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$  are to other (circulatory, climatical, orographical etc.) factors, which are influencing in addition to the arithmetical mean the pattern of the standard deviation, and the determination of the *weights* is allowing as

analysis of the planetary field of the standard deviation of the annual precipitation sums in a *more profound* manner than that obtained in previous investigations.

For this, it is after all necessary to know the particular form of relation (5) which is valable for the whole globe. In this study, we used 30-year data series (1931–1960) from 370 stations, distributed all over the world. From about 80 per cents of the selected, stations we are possessing complete 30 year data

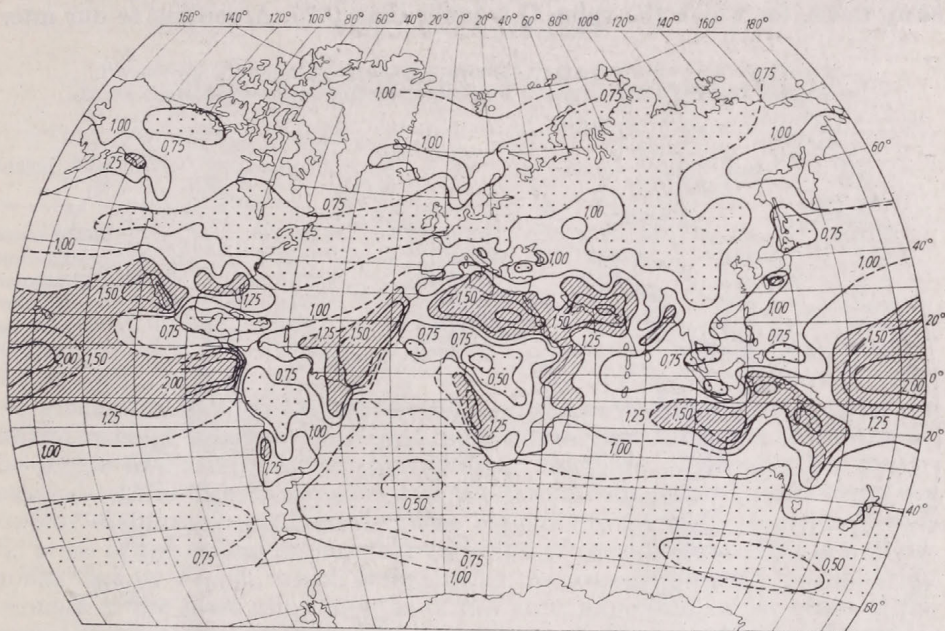


Fig. 1. Global distribution of the quotient  $Q$ , which is characterizing the variability of the annual precipitation amounts

1. ábra: A csapadék évi összegeinek változékonyságát jelző  $Q$  hányados földgömbi eloszlása

series, however, we were compelled for the sake of assuring a possibly uniform spatial distribution, to use in the remaining cases somewhat shorter series, that are reaching at least 15 years.

From the time series of annual precipitation sums we computed the parameters  $\sigma$  and  $M$ , and then the values  $M_0$  (which can be considered in the present case as the average precipitation on the Earth, the numerical value of which was computed, on the basis of the 370 stations, to be 1040 mm). From the data material of the corresponding pairs of values  $\sigma$  and  $M/M_0$ , we deduced, by a smoothing calculation, the global form of (5) which is valable on the whole Earth. We found, that the relation between the two variables may be described by the function:

$$\sigma [\text{mm}] = 235 \left( \frac{M}{1040} \right)^{0.72} = 1.58 M^{0.72} \quad (8)$$

For the determination of the weights of the factors  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$  appearing in relation (7) — as the function  $F(\alpha, \beta, \gamma, \dots)$  is an unknown one — is carried

out in the following way: we are determining immediately from the data series the quantity  $\sigma_{(2)}$  according to relation (2) as well as the quantity  $\sigma_{(8)}$  according to relation (8) and we are taking their quotient:

$$Q = \frac{\sigma_{(2)}}{\sigma_{(8)}} \quad (9)$$

We defined as *areas of great variability* of the annual precipitation amount those, for which the value  $Q$  is greater than 1.25, while as *areas of low variability* those, for which the value  $Q$  is lower than 0.75. According to our inter-

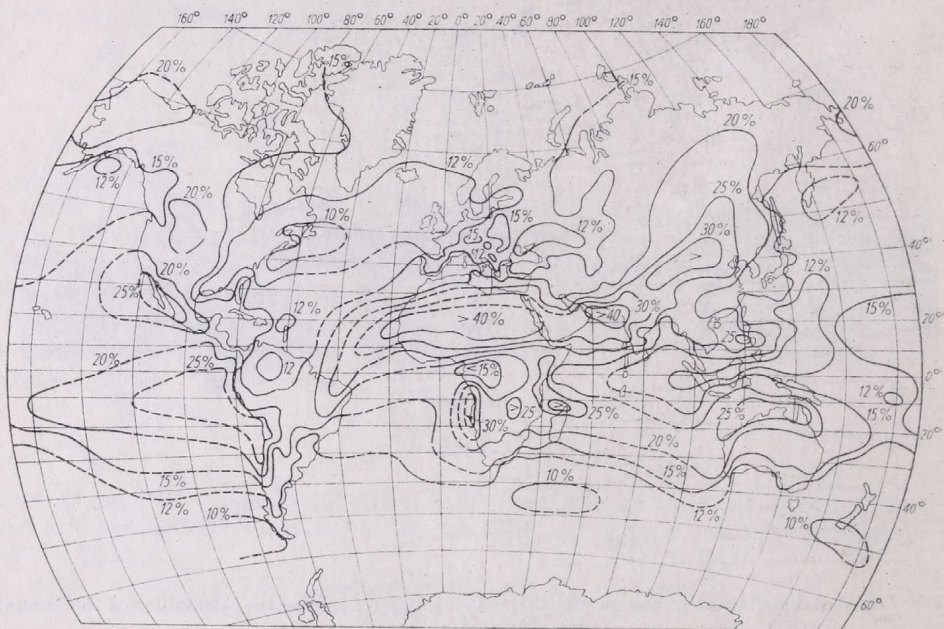


Fig. 2. Precipitation amount of the most rainy month expressed in per cents of the annual precipitation amount (generalized chart)

2. ábra: A legcsapadékosabb hónap átlagos csapadéka az évi összeg százalékában (generalizált térkép)

pretation, the factors  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , . . . are acting, in the first case, in a „positive” sense and, in the second one, in a „negative” one.

The global distribution of the values  $Q$  is shown on Fig. 1. This characteristic of the variability of the annual precipitation amounts, from which the effect of the average values have been removed, is exhibiting a very typical planetary distribution. On the temperate zones of both hemispheres, in the zone of westerly winds, the variability of the annual precipitation amount is a *low* one. This area of low variability is including, in addition, a considerable part of Inner Asia as well. Even in the tropical region, there are encountered cell-shaped areas of low variability, they are partly related to the equatorial west-wind zone (the shores of Guinea, Camerun, the western basin of the Congo river in Africa; the western and middle basin of the Amazonas river in South America; and the region of Indonesia), and partly they may be related to the *north-eastern trade winds* which are possessing a great stability and strength

(Central America, Antilles). It appears, that the areas of the permanent wind systems, which are prevailing during the whole year, are the regions in which the variability of annual precipitation amounts is a low one, and, in addition, those inner areas of the Asian continent, which are rather undisturbed by planetary flow systems and the precipitations of which are mainly furnished by the local hydrological cycle.

A considerable part of the areas having high variability are related to the tropical monsoons, that is, they are connected to the annual migration of the

TABLE I—I. TÁBLÁZAT

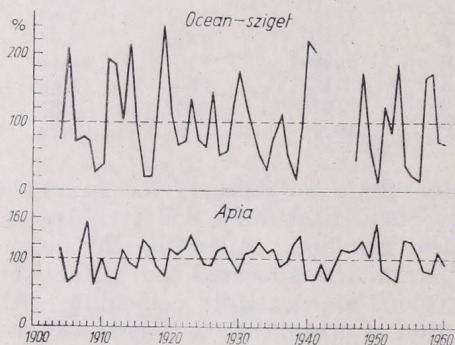
*Variability of annual precipitation amounts in the tropical belt of the Pacific*  
*Az évi csapadékösszegek változékonysága a Csendes-óceán trópusi övezetében*

Station	$\varphi$	$\lambda$	mm	$\sigma$	Q
Ocean Island	0°52'S	169°35'E	1711	1118	3,30
Canton Island	2°46'S	171°43'W	650	438	2,64
Fanning Island	3°51'N	159°22'W	2030	818	2,16
Funafuti	8°31'S	179°12'E	3743	930	1,60
San Cristobal	0°54'S	89°37'W	507	400	2,88
Guayaquil	2°12'S	79°53'W	1020	458	2,02

two great wind-divides, i.e. the Inter-Tropical Convergence (*I.T.C.*) and the subtropical high pressure zone (East India, South-East India, Southern Arabia, the shores of Eastern Africa, New-Guinea, Northern Australia, the north-eastern areas of Brasil, the shores of Western Africa located south from the equator, Californian peninsula). These regions are generally coinciding with the areas of the strong interannual variation of precipitation. This is well demonstrated by *Fig. 2.*, which is displaying the average monthly precipitation amounts of the most rainy months of the year, expressed in per cents of the annual precipitation amount. The coincidence of great variability of precipitation amounts with the tropical monsoonal regions with periodic rainfalls is indicating, that the length and the intensity of the rainy seasons is strongly changing from year to year which is reflecting the aperiodical fluctuations in the positions of the *I.T.C.* zone and of the subtropical high-pressure zone. Moreover, by comparing the figures, it can be also stated that on the areas, in which the variability of the annual precipitation amounts is low, the range of the seasonal variation of precipitation is a rather blurred one.

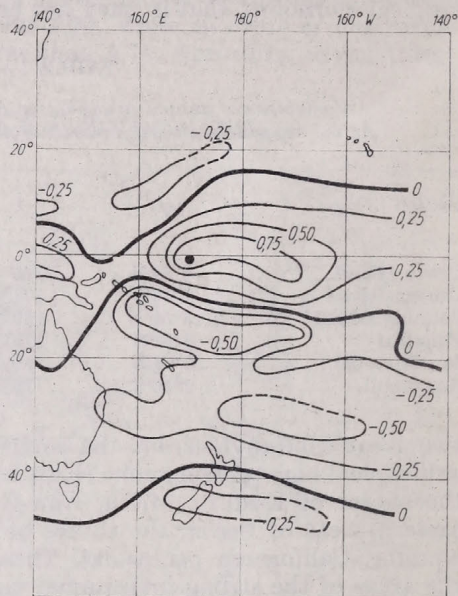
Of a different character is the great precipitation variability in the tropical region of the eastern part of the Pacific, which is already known [3] and which can be followed up to the shores of Equador and Northern Peru. It is here that the highest values Q on the whole Earth are encountered, which are in *Table I.* particularly emphasized. The great variability of precipitation amounts from year to year (such as at the station Ocean Island where they varied within the period investigated from 247 mm to 4077 mm) are produced by certain aperiodic variations in the locations of the Inter-Tropical Convergence. If the *I.T.C.*, which is spatially nearly coinciding with the equator, is permanently transferred somewhat to the south, these equatorial islands are exposed to the north-eastern trade wind, they are obtaining only small amounts of precipitation, and, in this case, a more southern region is receiving abundant precipi-

pititation. This assumption is supported by the opposite relation between the precipitation amounts of Ocean Island and the station Apia on the Samoa Islands (*Fig. 3.*) From the 52 years shown on the figure, in 40 cases the deviations of the annual amounts of precipitations from the average had an opposite sign on these two locations (that is, in 77 per cent of the cases). In the case of an independence, this event should be occur only with a probability of 51 per



*Fig. 3.* Annual precipitation amounts of Ocean Island and of Apia expressed in per cents of the average value

3. ábra: Ocean-sziget és Apia évi csapadékösszegei az átlag százalékában



*Fig. 4.* Sign correlation between the annual precipitation amounts of Ocean Island and of the middle area of the Pacific

4. ábra: Ocean-sziget évi csapadékösszegének előjel-korrelációi a Csendes-óceán középső térségével

cent, and the probability for the occurrence of the actual distribution being the result of a random coincidence of dry and rainy years would be:

$$P = \binom{52}{40} \cdot 0,51^{52} \cdot 0,49^{12} = 0,0042 < 0,01$$

As this probability is extraordinarily small, we may state that the reverse relation observed between the precipitation sums of the two stations *cannot be considered as one produced by change.*

The pattern of the area of great variability in precipitation on the Pacific is still more elucidated by *Fig. 4.* On the area limited by the meridians 140° E and 140° W and the latitudes 40° N and 55° S, we computed for all stations the *sign correlation* with the annual precipitation amounts of the station *Ocean Island* and we constructed its isometrical curves.

It is apparent that the isocorrelation curves are following a west-easterly pattern, and that the areas near the equator are exhibiting with the belt of 10 to 15° S (Salomon Islands, New Hebrides, Fiji and Samoa Islands) a significant negative correlation. This zone of negative correlation has a corresponding zone

at the Northern Hemisphere which is essentially weaker and has a smaller extension (eastern part of the Caroline Islands, area of the Marshall Islands), and it may be concluded that the temporal shiftings of the *I.T.C.* zone are displayed mainly in a southern direction.

Probably a similar kind of relation could be observed on a meridional belt selected in the proximity of the South-American shores of the Pacific, however, we are not possessing suitable data to demonstrate its existence.

#### REFERENCES

- [1] *Climates of Australia and New Zealand*, World Survey of Climatology, Vol. 13 (*J. Gentilli*). Amsterdam—London—New York, 1971, p. 158, Fig. 32.
- [2] *Climates of Africa*. World Survey of Climatology, Vol. 10 (*J. F. Griffiths*). Amsterdam—London—New York, 1972, a) p. 97, Fig. 10, b) p. 514, Fig. 11.
- [3] *Schott, G.*: *Klimakunde der Südsee-Inseln*, Handbuch der Klimatologie, Band, IV, Teil T. Berlin, 1938, pp. 83—90.

\*

### A CSAPADÉK ÉVI ÖSSZEGEINEK VÁLTOZÉKONYSÁGA A FÖLDÖN

Az évről-évre lehulló csapadék mennyiségének változékonyságát a különböző szóródási paraméterek értékeivel rögzíthetjük (1, 2, 3, 4 formulák). Bármely szóródási paramétert alkalmazunk azonban, a szórás térbeli eloszlásának térképei voltaképpen több-kevesebb torzítással az átlagos csapadék eloszlását tükrözik vissza, miután fennáll a  $\sigma = f(M)$  kapcsolat, ahol  $\sigma$  a csapadék évi összegeinek szórása,  $M$  pedig számtani közepe.

Annak érdekében, hogy a szórás értékeiből kiszűrjük a számtani közép befolyását, kiegyenlítő számítással meghatároztuk a  $\sigma = f(M)$  függvénynek a *Föld egészére* vonatkozó alakját (8. formula). A számításokhoz 370 állomás 30 évi (1931—1960) csapadék-adatsorait használtuk fel. Minden állomásra előállítottuk a (2) és (8) összefüggések alapján számított szórások hányadosát ( $Q$ ). A csapadék évi összegeinek *nagy változékonyságú* területeit ott jelöltük meg, ahol  $Q > 1,25$ , a *kis változékonyságú* területek határát pedig a  $Q < 0,75$  feltétel teljesedésével definiáltuk.

A  $Q$  értékek földgömbi eloszlását az 1. ábra tünteti fel. Megállapítható, hogy a csapadék évi összegeinek kicsiny változékonysága egyrészt azokon a területeken alakul ki, ahol *egész éven át állandó jellegű permanens szélrendszerek* uralkodnak (a mérsékelt övi és trópusi nyugati szelek zónája, az NE passzát nagy állandóságú területe Közép-Amerikában és az Antillákon), másrészt az ázsiai kontinens belsejének a planetáris áramlásoktól zavartalanabb, csapadékát nagyobb részt a helyi vízkörforgásból fedező tájain.

A nagy változékonyságú területek jelentős része a *trópusi monszunok* körzetével esik egybe, ahol a csapadék évi periódusa erőteljes. Jól szemlélteti ezt az 1. ábrának a 2. ábrával történő egybevetése, amely utóbbi azt tünteti föl, hogy a legcsapadékosabb hónap átlagos csapadéka hány százaléka az évi összegnek.

A csapadék évi összegeinek változékonysága a Csendes-óceán középső és keleti részének egyenlítői övezetében a legnagyobb. (1. táblázat.) Ez a nagy változékonyság a trópusi konvergencia zóna (*I.T.C.*) helyzetének *időszakos eltolódásaival* állhat kapcsolatban. Erre utal az a tény, hogy az egyenlítő menti pacifikus területek és a  $10-15^\circ S$  szélességi körök határolta csendes-óceáni zóna évi csapadékösszegei között erőteljes és statisztikailag reális *negatív* kapcsolat áll fenn (3. és 4. ábrák).

# Cellás konvekció a légkörben és néhány sajátossága az észak-atlanti térségben

GÖTZ GUSZTÁV és SZALAY GABRIELLA, Központi Előrejelző Intézet, Budapest

*Целлюлярная конвекция в атмосфере и некоторые ее особенности на территории северной Атлантики.* В первой части работы дается обзор результатов теоретических и лабораторных исследований целлюлярной конвекции. При помощи соответствующей трансформации эти результаты могут быть применены к атмосфере: мезомасштабные ячейки конвекции в атмосфере создаются по тем же причинам и под воздействием того же механизма, что и ячейки *Бенара*. Различия лабораторных и атмосферных ячеек конвекции по их масштабу и циркуляционным особенностям могут объясняться сжимаемостью и турбулентной структурой атмосферы. В более высоких широтах территории северной Атлантики чаще всего появляются открытые ячейки, а в ложных районах — замкнутые, в тыловых частях циклонов и в восточных частях антициклонов. Большинство ячеек образуется при условиях, когда температура моря на 1—3° теплее по сравнению с циркулирующим над ним воздухом. Средний диаметр ячеек составляет 35 км, а отношение их диаметра к высоте — 16:1. Источником энергии мезомасштабных ячеек конвекции является неадиабатическое нагревание нижней части слоя конвекции, и радиационное охлаждение вершин облаков. Вертикальный сдвиг ветра в слое конвекции незначительный, в среднем он не достигает 4 м/сек.

\*

## Bevezetés

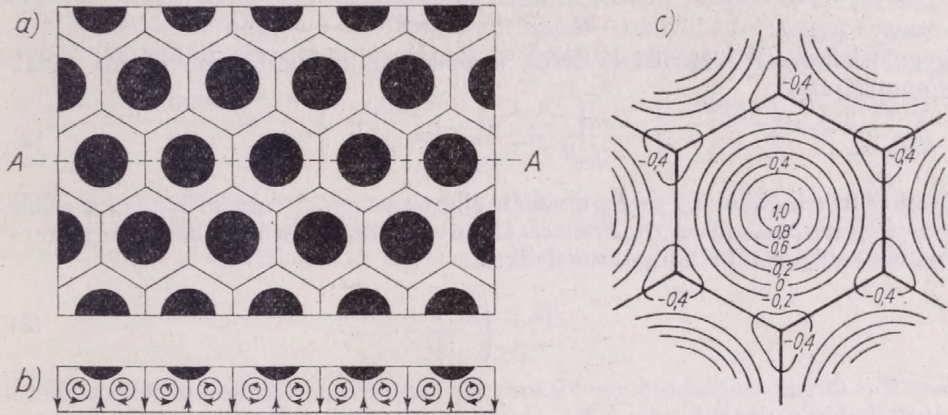
Ha egy tartályban elhelyezett inkompresszibilis folyadék vízszintes rétege alulról homogén formában melegszik (vagy felülről homogén formában hűl), benne a tömeg elrendeződése hidrosztatikailag instabilissá válik. Viszkozus folyadékokban a belső súrlódás és a határoló felületeknél fellépő kinematikai kényszerek a makroszkopikus tömegcsere kialakulását késleltetik: az alsó felületnél betáplált hő a felső felületnek kezdetben kizárólag molekuláris vezetés útján adódik át; a folyadék nyugalomban marad. Egy kritikus függélyes hőmérsékleti gradiens elérésével azonban ez a hőátviteli forma már elégtelennek bizonyul, a folyadékban instabilitási cirkulációk révén makroszkopikus hőcsere is megindul. A megfigyelések szerint ezek az instabilitási cirkulációk az egész folyadékra kiterjedve szisztematikus képet öltenek igen szabályos *cellás elrendeződés* formájában. A folyadék egész tömege egymással azonos poligonális konvekciós cellák rendszerére bomlik fel, amelyek meghatározott részeiben a tömeg nettó feláramlása szállítja a hőt a folyadék felszínére.

Az *általános mozgást nem végző* folyadékok instabilis rétegében kialakuló cirkulációk tanulmányozása elsősorban *Henri Bénard* francia professzor nevéhez kapcsolódik, aki a századfordulón számos laboratóriumi vizsgálatot írt le (*Bénard*, 1900a, 1900b, 1901). A jellegzetes *Bénard-cellák* szabályos hexagonok, falai függőlegesek, s a mozgás képe rendszerint olyan, hogy a feláramlás a cellák középpontjában helyezkedik el. A cellák relatív mérete bizonyos mértékig függ a kísérletben megszabott feltételektől, a hexagon  $L$  oldalhosszának és a cella  $h$  magasságának aránya azonban mindig 2:1 és 3:1 között van (1. ábra).

A folyadékban belül létrehozott *nyírásnak* a konvekciós cellákra gyakorolt hatását *Idrac* úttörő munkáját követve *Terada* (1928), majd *Phillips* és *Walker* (1932), *Graham* (1933) és *Dassanayake* (1937) tanulmányozta. Megállapították,

hogy gyenge nyírás esetén a poligonális szerkezet megmarad, de az eredeti hexagonális konvekciós cellák patkóalakú deformációt szenvednek. A nyírás értékének növelésével a torzult cellák a nyírási vektor irányára merőleges, tranzverzális hengerekké alakulnak át. Tovább fokozva a folyadékon belüli nyírást, egy kritikus érték átlépésével a tranzverzális hengereket a nyírási vektor irányába eső, longitudinális hengerek váltják fel.

A forgó folyadékban kialakuló cellás konvekció első módszeres laboratóriumi elemzése *Nakagawa és Frenzen* (1955) nevéhez fűződik. A kísérletek szerint a rotáció stabilizáló hatást eredményez, azaz egyébként azonos feltételek



1. ábra. A cellás konvekció cirkulációs rendszerének sematikus képe. (a) A folyadék felbomlása hexagonális konvekciós cellák sorozatára. Minden hexagon egy-egy Bénard-cellát jelöl, amelyben a sötét területen a tömeg nettó feláramlása található. (b) A Bénard-cellák cirkulációjának függőleges metszete az (a) ábra AA-síkjában. (c) A vertikális sebesség izo-görbéi a Bénard-cella vízszintes síkjában *Pellew és Southwell* (1940) elméleti számításai szerint

Fig. 1. Schematic representation of convection cells in an unstable layer of fluid. (2) The breakdown of the fluid into a set of hexagonal convection cells. Each hexagon represents a Bénard-type convection cell in which the black area indicates net upward motion. (b) Vertical cross section through the center of a Bénard cell along the line AA of figure (a). (c) Theoretical distribution of vertical velocity in a Bénard cell according to *Pellew and Southwell* (1940)

esetén forgó folyadékban később alakulnak ki az instabilitási cirkulációk. Egy kritikus rotációs érték fölött ez a stabilizálódás olyan mértékű lehet, hogy a közönséges konvektív instabilitás mellett az instabilitásnak egy új formája jelenik meg, az ún. *szuperstabilitás*. Ebben az állapotban a visszaállító erők az egyensúlyából kimozdított folyadékrezecskét az egyensúlyi helyzet másik oldalán túlfuttatják és így növekvő amplitudójú oszcillációk alakulnak ki. A rotáció másik hatása arra vezethető vissza, hogy a cellák átmérője fordított arányban áll a szögsebességgel, azaz a forgás az  $L/h$  arány csökkenésében jut kifejezésre.

A cellás konvekció matematikai leírására számos neves fizikus vállalkozott; a klasszikus elméleti vizsgálatok megalkotói közül elsősorban *Rayleigh* (1916), továbbá *Jeffreys* (1928), valamint *Pellew és Southwell* (1940) nevét kell kiemelnünk – munkásságukat *Stommel* (1947) foglalta egységbe. Az elméleti megfontolások arra az eredményre vezettek, hogy a konvekciós cellák alakja független a cella-magasságtól és bármely, a rendszert jellemző fizikai változótól. A különböző alakú cellák méretei csak a rendszerre ható külső feltételektől függenek,

de teljes mértékben függetlenek a rendszer magasságától és jellemző fizikai paramétereitől. A stacionárius hővezetés rendszerét a stacionárius konvekciótól elhatároló stabilitási kritérium független a cellák típusától, azt a rendszerre ható külső feltételek határozzák meg.

*Rayleigh* (1916) kimutatta, hogy egy  $\nu$  kinematikai viszkozitási együtt-hatójú és  $K_m$  molekuláris hőmérsékletvezetési tényezőjű folyadék  $h$  vastagságú rétegében a makroszkopikus nyugalom állapota addig képes fennmaradni, amíg a két vízszintes határoló felület között mért  $\rho_1 - \rho_0$  sűrűség különbség kielégíti a

$$\frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_0} < \frac{27\pi^4 K_m \nu}{4gh^3} \quad (1)$$

egyenlőtlenséget. A kritikus érték átlépésével kialakuló konvekciós cellák geometriáját az

$$\frac{1}{L_x^2} + \frac{1}{L_y^2} = \frac{1}{8h^2} \quad (2)$$

formula írja le, ahol  $L_x$  és  $L_y$  a cellák élhosszúsága. A rotáció hatása a cellás konvekcióra *Nakagawa* és *Frenzen* (1955) számításai szerint azokban a rétegekben válik jelentékennyé, amelyekre

$$h > \sqrt{\frac{\nu}{\Omega}}, \quad (3)$$

ahol  $\Omega$  a forgás szögsebessége. Viszonylag nagy *Prandtl*-számmal jellemezhető folyadékokban (levegő, víz) a két instabilitási forma közül a közönséges konvektív instabilitás föllépése megelőzi a szuperstabilis oszcillációk kialakulását. A konvekciós cellák magasság-átmérő aránya a rotáció mértékét jellemző *Taylor*-számmal áll összefüggésben: növekvő *Taylor*-számok esetén ennek az aránynak az értéke jelentősen növekszik.

### Cellás konvekció a légkörben

Századunk első felének egyik sokat vitatott kérdése volt: tipikus, vagy egyáltalában föllelhető formája-e a homogén hőforrások illetve hőnyelők eredményeként kialakuló *cellás konvekció* a kompresszibilis légkör instabilitási cirkulációinak? Ismeretes ugyanis, hogy a geofizikai folyadékok dinamikájában a *nem-homogén melegedés* (izobár-izoszter szolenoidok kialakulása) a mozgásokat alapvetően kormányzó mechanizmus. Ezen kívül a légkör függőleges termikus szerkezetének fontos jellemzője, hogy a nagy rétegvastagságokra vonatkoztatott hidrosztatikai instabilitás latens formában igen magas fokot érhet el. A molekuláris és turbulens hővezetés rendszerét a rendezett makroszkopikus hőátviteli forma legtöbbször nem spontán (tehát egy kritikus labilitási határ elérésekor), hanem a légoszlopot érő alkalmas külső impulzus hatására váltja fel. Az instabilitási energia így meghatározott körzetekre koncentrálnálva szabadul fel, ahol a felfelé irányuló tömegátvitel *cumulus-konvekció* formájában sokkal intenzívebb folyamattá fokozódik, mint ha a szükséges hőátvitelt nagy területek fölött szabályos elrendeződésű cirkulációs rendszer bonyolítaná le. A *cumulus-konvekció* hidrodinamikai analógiájának a nyugalmi állapotú környezeten áthatoló, mechanikailag keltett jet-áramlás felel meg, s a troposzféra függőleges kiterjedésével összevethető dimenziójú réte-

gekben nem a cellás konvekció, hanem az utóbbi, *áthatoló konvekciónak* nevezett átviteli mechanizmus az uralkodó mozgásforma.

Csekélyebb rétegvastagságokban azonban a kutatók a cellás konvekció számos megnyilvánulását vélték felfedezni. *Mal* (1930) például egy sor közép- és magasszintű rétegfelhő tipikus megjelenési formáját olyan *Bénard*-celláknak tekintette, amelyek a felhőalagnál fellépő sugárzásos melegedés és a felhőtetőkhöz homogén sugárzásos hűlése nyomán labilizálódó rétegben alakultak ki. E vizsgálatokkal egyidőben *Jeffreys* (1930) elméletileg is kimutatta, hogy *Rayleigh* megfontolásai a légkörre is alkalmazhatók. Az (1) összefüggésben  $K_m$  helyébe egy  $K$  örvényviszkozitási együtthatót,  $\nu$  helyébe pedig ugyancsak egy megfelelő örvényegyütthatót írva (amelyről feltételezhetjük, hogy szintén  $K$  értékével egyenlő), továbbá a  $\rho$  közönséges sűrűséget – tekintettel a légkör kompresszibilis voltára – a  $\Theta$  potenciális hőmérséklet analógiájára definiált

$$\rho_p = \frac{1000}{R\Theta} = \frac{p}{RT} \left( \frac{1000}{p} \right) \exp \left( \frac{c_v}{c_p} \right) = \rho \left( \frac{1000}{p} \right) \exp \left( \frac{c_v}{c_p} \right)$$

potenciális sűrűséggel helyettesítve (ahol  $p$  a nyomás,  $T$  a hőmérséklet,  $R$  az általános gázállandó,  $c_v$  ill.  $c_p$  pedig az állandó térfogaton ill. állandó nyomáson vett fajhő), a makroszkopikus egyensúly stabilitásának *Jeffreys*-féle feltétele

$$\gamma < \Gamma + \frac{27 \pi^4 K^2}{4h^4 T};$$

illetve jó közelítéssel

$$\gamma < \approx \Gamma + \frac{2300}{h^4}, \quad (4)$$

ha a  $h$  magasságot méter, a  $\gamma$  vertikális hőmérsékleti gradienst és a  $\Gamma$  adiabatikus gradienst pedig fok/100 méter egységekben fejezzük ki.

A (4) szerint az a maximális  $\gamma$  érték, amelyre a makroszkopikus nyugalom állapota még fennmarad,

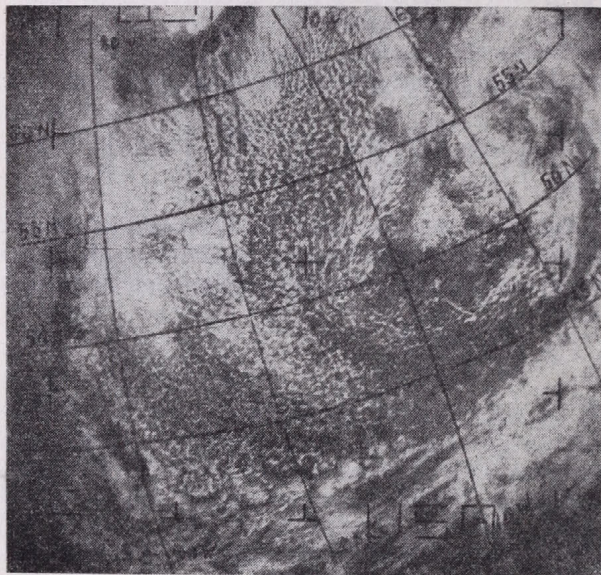
ha $h =$	1 m	akkor $\gamma =$	23
	2 m		1,4
	10 m		1,23
	20 m		1,014°/100 m,

azaz a földfelszín közelében, 2 m-nél kisebb rétegekben rendkívül erős szuperadiabatikus gradiensek alakulhatnak ki. 20 m-nél nagyobb rétegvastagságokban ezzel szemben már az adiabatikus elmozdulásokra vonatkozó  $\gamma < \Gamma$  abszolút stabilitási feltétel érvényes.

### *Mezo-skálájú cellás konvekció*

Az 1960-ban felbocsátott TIROS I elnevezésű első meteorológiai mesterséges hold televíziós felvételei az óceánok fölött a konvektív felhőzet meglepően magas fokú *mezo-skálájú* rendezettségét tárták fel. (*Krueger* és *Fritz*, (1961). A kutatók ilyen jellegű rendezettséget már régóta sejtettek, hiszen a cellás konvekció kialakulásának fő kritériumai: a *homogén* melegedés és *korlátos*

vastagságú konvektív rétegben a hó kvázistacionárius átvitelének folyamata, elsősorban kiterjedt vízfelületek fölött valósulhatnak meg. Hagyományos megfigyelési módszerekkel azonban számos kísérlet és expedíciós jellegű mérésrozzat ellenére sem sikerült ezt a lokálisan még nem, a szinoptikus skálán pedig már nem felfedezhető mozgásformát kimutatni (Woodcock és Wyman, 1947). Ezzel szemben a műholdas felhőfelvételek szerint azokban a szinoptikus helyzetekben, amikor hideg (kontinentális eredetű) levegő tartósan áramlik melegebb vízfelület fölött, az óceánok több millió km<sup>2</sup>-es területein figyelhető



2. ábra. Cellás konvekció az észak-atlanti térségben 1970. március 31-én, 11.29 GMT-kor egy északi-tengeri ciklon hátoldalán kialakult meridionális áramlási mezőben. Felvétel: ESSA 8, 5910. pálya, pályamagasság 1420 km

Fig. 2. Cellular convection over the North-Atlantic region at 1129 GMT, 31 March 1970. ESSA 8, orbit 5910

meg mezo-skálájú cellás konvekció a fejlődés különböző stádiumaiban (2. ábra). A jelenség skálájának, horizontális kiterjedésének és időbeli gyakoriságának figyelembevételével nagyon valószínű, hogy ez az újonnan felfedezett mozgásforma alapvető szerepet tölt be a levegő és a tenger közötti kölcsönhatások mechanizmusában és ennek következtében a légkör általános energiaháztartásában is.

A mezo-skálájú cellás konvekcióra irányuló megfigyelések fontosabb eredményei a következőkben összegezhetők (Hubert, 1966; Veltiscsev, 1969; Minyina, 1970).

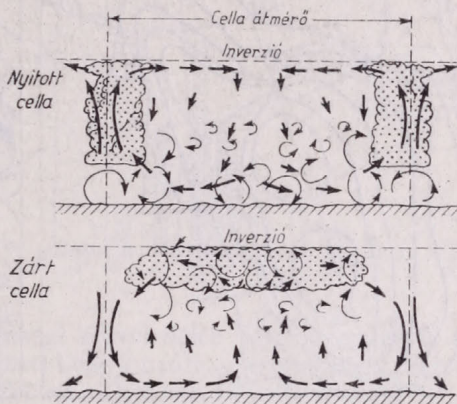
Hemiszférikus méretekben a konvekciós cellák 96%-ban nyílt óceáni vízfelületek fölött alakulnak ki, kivételes esetekben azonban homógen szárazföldek fölött is létrejöhetnek.

A konvekciós cellák általában cumulus humilis és cumulus congestus felhőkből állnak, előfordul azonban, hogy cumulonimbus felhők mezejében is megfigyelhető néhány gyengén fejlett cella. Az óceáni anticiklonok konvekciós celláit legtöbbször passzát-cumulus és strato cumulus felhők alkotják.

A cellás elrendeződésnek két alapvető típusa különböztethető meg. Nyitott cellák esetében a cellák poligonális középponti derült területeit körben felhőfalak határolják. A zárt cellák poligonális felhős területek, amelyeket körben derült részek határolnak (3. ábra). Következésképpen a nyitott cellák

a cellás konvekcióknak azt az esetét reprezentálják, amikor a cellák középpontjában leáramlás található, a feláramlások pedig körben, a cella-határoknál helyezkednek el. A zárt cellák cirkulációjának irányítottsága a nyitott cellák cirkulációjának ellentettje.

Elméleti megfontolások szerint a mezo-skálájú konvekciós cellák cirkulációjának irányítottságát az örvényviszkozitás függőleges változása határozza meg: a rendszerben az a cirkulációs forma alakul ki, amelynél a mozgások sűrűlódásos disszipációja minimális. Ha a labilizálódás mértéke felfelé csökken



3. ábra. Nyitott és zárt konvekciós cellák függőleges metszete Hubert (1966) szerint. A vastag nyilak a mezo-skálájú cirkulációt, a vékony nyilak a turbulens mozgásokat jelölik

Fig. 3. Cross section of open and closed cells after Hubert (1966). Heavy arrows show mesoscale cellular circulation, light arrows represent turbulent motion

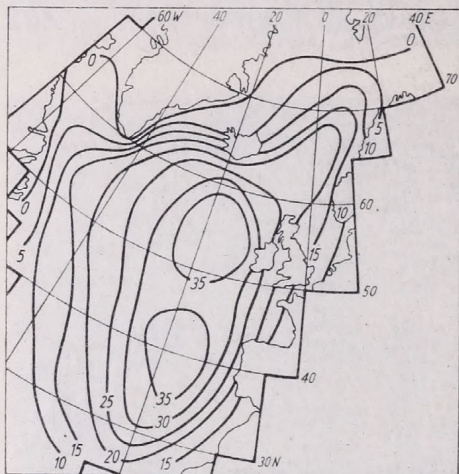
(intenzív melegedés az alsó felületnél) az örvényviszkozitás a magassággal szintén csökken, és mivel a cella középpontjából a folyadék mindenkor a maximális viszkozitású tartomány felé igyekszik elmozdulni, a cellák centrumában leáramlás jön létre. Ha azonban az alulról történő melegedés csak mérsékelt, viszont a magasabb rétegekben erős labilizáló hatások működnek, a rendszerben a zárt cellákra jellemző cirkuláció alakul ki.

A megfigyelések igazolják a vázolt elgondolást. A műholdképek szerint nyitott cellák elsősorban azokban a tartományokban jelennek meg, ahol erőteljes a tengervíz melegítő hatása, azaz hideg szárazföldi levegő kerül a meleg óceán fölé. A szubtrópusi anticiklonok leszálló légáramlásaiban nyitott és zárt cellák egyaránt előfordulnak. Ahol az egyenlítő felé mozgó, eredetileg hideg levegő és a vízfelszín már közel hőegyensúlyba került, az alulról történő melegedés lassú, zárt konvekciós cellák a gyakoriak.

A műholdak segítségével megfigyelt cellák átmérője általában 5 és 100 km között váltakozik; a tipikus cella-átmérő 50 km körüli érték. A cellák átmérőjének és magasságának aránya 10:1 és 100:1 között van; a közepes arány körülbelül 30:1, azaz egy nagyságrenddel nagyobb, mint a laboratóriumban előállított Bénard-cellák esetében. A légköri konvekciós cellák lapos voltát és az átmérő-magasság arányának nagy változékonyságát elméletileg az örvényviszkozitás és az örvényes hővezetés anizotropiájával, illetve az anizotropia fokának (feltételezhetően a szinoptikus helyzettől függő) változásával magyarázzák (Priestley, 1964; Ray, 1965; Kuo, 1965).

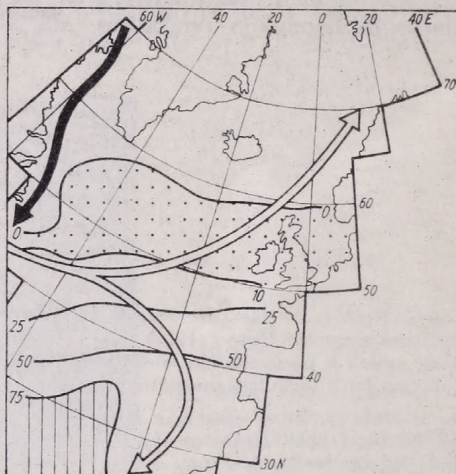
Az aerológiai adatokkal történő egyeztetés arra mutat, hogy a mezo-skálájú konvekciós cellák a légkörnek egy vékony konvektív rétegében alakulnak ki, amelyet felülről általában erős inverzió zár le. A cellák kialakulásának stacionárius melegedés és csekély vertikális szélnyírás kedvez — erősebb szél-

nyírás esetén a cellás felhőzet *felhőtakká* deformálódik (Götz és Szalay, 1972). A cellás konvekció elsődleges energiaforrása a légoszlop alsó részének nem-adiabatikus melege és a felhőtétők sugárzásos hűlése. A cumulus-konvekció esetében szignifikáns energiaforrások (például a latens hő felszabadulása, a hidrosztatikai instabilitásnak a differenciál-advekció útján történő



4. ábra. A cellás konvekció abszolút százalékos gyakorisága az észak-atlanti térség vastag vonallal határolt területe fölött, 1966 márciusa és 1967 decembere között naponta végzett műholdas megfigyelések alapján

Fig. 4. Percentage frequency of the days when cellular convection was observed over the North-Atlantic area bounded by heavy lines, March 1966 — December 1967



5. ábra. Zárt konvekciós cellák relatív százalékos gyakorisága az észak-atlanti térségben. A világos nyilak a fő meleg tengeráramlások, a sötét nyilak a fő hideg tengeráramlások pályáit jelölik

Fig. 5. Percentage frequency of the cases when cellular convection over the North-Atlantic region showed closed-cell-type circulation. Warm and cold ocean currents are represented by white and black arrows, respectively

fokozódása) a cellás konvekció vonatkozásában csak másodlagos tényezőknek bizonyulnak.

Nagyságrendi megfontolások szerint a levegő vertikális tengely körüli rotációja a mezo-skálán nem játszik lényeges szerepet: a szélmező örvényessége a légkörben ezen a skálán nem ér el olyan értéket, hogy lehetővé tenné szuperstabilis oszcillációk kialakulását, a cellák méretének befolyásolását, vagy a stabilizáló hatás számottevő érvényesülését.

#### *A mezo-skálájú konvekciós cellák sajátosságai az észak-atlanti térségben*

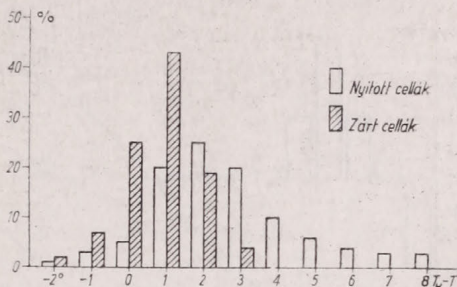
A mezo-skálájú cellás konvekció jellemvonásait az Atlanti-óceán északi részének azon körzetében tanulmányoztuk, amelyből a meteorológiai mestereséges holdak APT-felvételei folyamatosan rendelkezésünkre álltak; ezt a körzetet a 4. ábrán a vastag vonallal határolt terület jelöli ki. Vizsgálataink az 1966 márciusa és 1967 decembere közötti 22 hónapos időszak megfigyeléseire

támaszkodnak; a felhőfelvételeket ebben az időszakban az ESSA 2, ESSA 4 és ESSA 6, valamint a *Nimbus 2* mesterséges holdak készítették.

*A konvekciós cellák gyakorisága.* A cellás konvekció előfordulásának százalékos gyakoriságát egy-egy 5 fokos szélességi, illetve 5 fokos hosszúsági kör által határolt területre vonatkozóan a 4. ábra mutatja be. Konvekciós cellák leggyakrabban a 30. és 60. szélességi kör közötti zónában alakulnak ki. Ettől a zónától északra, ahol a tengervíz hőmérséklete gyakran hidegebb a fölötté

6. ábra. A  $T_w - T$  hőmérsékletkülönbség értékközeinek százalékos gyakorisága nyitott cellák (esetek száma 719) és zárt cellák (esetek száma 69) kialakulása alkalmával

Fig. 6. Percentage frequency of open cells (represented by white columns, number of cases: 719) and closed cells (represented by black columns, number of cases: 69) at various temperature differences between sea-surface ( $T_w$ ) and the overlying air ( $T$ ) in degrees of Centigrade



áramló levegőnél, továbbá a 35. szélességi körtől délre, ahol a tengervíz és a felette déli irányban mozgó levegő közötti hőegyensúly az esetek nagy részében már kialakult, cellás elrendeződésű felhőzet ritkábban figyelhető meg.

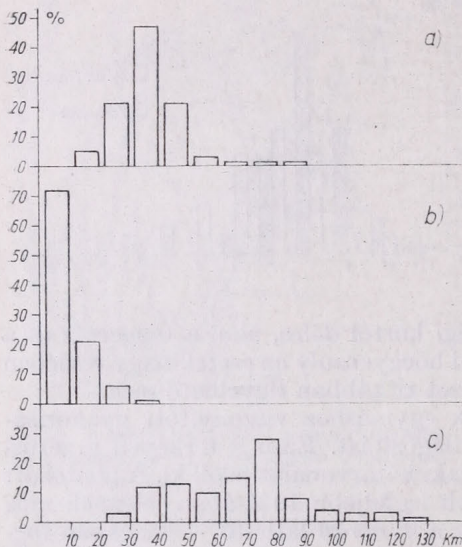
A cellás konvekció két fő típusának egymáshoz viszonyított gyakoriságára vonatkozóan az 5. ábra nyújt felvilágosítást. Ezen a térképen a zérus-izogörbe a zárt cellák előfordulásának északi határvonalát jelöli ki. A pontozott területrészen a cellás konvekció eseteinek legfeljebb 10%-ában jelennek meg zárt cellák. Ez a területrész — amint az a 4. ábrán látható — magában foglalja a cellás konvekció maximális gyakoriságának északi góccát; következésképpen ezt a gócot elsősorban a nyitott cellák gyakori fellépése eredményezi. A déli gyakorisági góc kialakulására nézve ilyen egyértelmű megállapítás nem tehető, mivel középpontjában fele-fele arányban figyelhető meg a két ciklációs típus. A zárt cellák előfordulása csak a vonalkázott területrészen kerül jelentős túlsúlyba: itt a konvekciós cellákban az esetek több mint 75%-ában a feláramlás a cella-középpontban van. A cella-típusoknak ez a területi elrendeződése összhangban áll kialakulásuknak az előző fejezetben vázolt mechanizmusával.

Ami a 4. és 5. ábrán föllelhető zónális irányú különbségeket illeti, az feltételezhetően elsősorban az Atlanti-óceén fő tengeráramlásainak hatásával magyarázható (1. az 5. ábrán a tengeráramlások sematikus képét). A Mexikói-öböl felől kiinduló és Európa nyugati partjai előtt elhaladó Golf-áramlás, illetve az abból a 45. szélességi kör magasságában dél felé visszaágazó Kanári-áramlás meleg vize kedvez a cellás konvekció létrejöttének. Ezzel szemben az észak-amerikai kontinens keleti partvidéke közelében a Davis-szoroson át dél felé mozgó, negatív hőmérsékleti anomáliájú Labrador-áramlás egy ellentétes folyamat megindulását, az észak-atlanti térség nyugati sávjára jellemző advekciós ködképződést támogatja.

*Nem-adiabátikus hatások.* A konvekciós cellák kialakulásának fő energiaforrása a levegő és a tengervíz érintkezési felülete mentén föllépő hőcsere. Ennek intenzitása a tengervíz  $T_w$  hőmérséklete és a fölötté mozgó levegő  $T$  hőmérséklete közötti különbséggel jellemezhető A 6. ábra feltünteti a  $T_w - T$

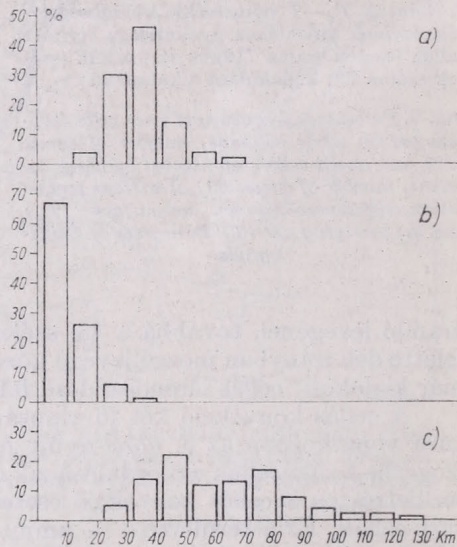
hőmérsékletkülönbségek százalékos gyakoriságát nyitott és zárt cellák kialakulásakor. Eszerint a cellás konvekció megfigyelt eseteinek több mint 90%-ában a tengervíz melegebb a vele érintkező levegőnél. A  $T_w - T$  különbség nyitott cellák esetében átlagosan  $2,7^\circ$ , zárt cellák esetében pedig  $0,8^\circ$ .

A  $T_w - T$  különbség negatív értékei mellett előfordult kevésszámú eset valószínűleg azzal magyarázható, hogy a konvekciós cellák fejlődésének már a disszipációs szakaszából történt a mintavétel, amikor a konvektív cirkulációk energiaforrása egyedül a felhőtetők sugárzásos hűlése volt.



7. ábra. Nyitott cellák jellemző átmérőinek gyakorisági eloszlása. Esetek száma: 635. a) Tipikus cellák jellemző átmérője. b) Legkisebb cellák jellemző átmérője. c) Legnagyobb cellák jellemző átmérője

Fig. 7. Percentage frequency distribution of characteristic cell diameters for open cells. Number of cases: 635. a) Diameters of typical cells. b) Diameters of the smallest cells in the sample. c) Diameters of the largest cells in the sample



8. ábra. Zárt cellák jellemző átmérőinek gyakorisági eloszlása. Esetek száma: 386. a) Tipikus cellák jellemző átmérője. b) Legkisebb cellák jellemző átmérője. c) Legnagyobb cellák jellemző átmérője

Fig. 8. Percentage frequency distribution of characteristic cell diameters for closed cells. Number of cases: 386. a) Diameter of typical cells. b) Diameters of the smallest cells in the sample. c) Diameters of the largest cells in the sample

**A konvekciós cellák mérete.** Azokon a napokon, amikor a mesterséges holdak felvételei az észak-atlanti térségben a felhőzet cellás elrendeződését mutatták, Tünczer (1969) módszerével meghatároztuk a minta tipikus celláinak jellemző átmérőjét, továbbá a minta legnagyobb és legkisebb celláinak jellemző átmérőjét mind a nyitott, mind pedig a zárt cellákra vonatkozóan. E jellemző méretek gyakorisági eloszlását a 7. ábra és a 8. ábra mutatja be.

A nyitott és zárt cellák jellemző átlagos átmérője 35 km, az esetek 47 %-ában a tipikus cellák átmérője 31 és 40 km között van. A legkisebb cellák közepes átmérője 10 km körüli érték, nyitott és zárt cellákra vonatkozóan egyaránt. A legnagyobb cellák közepes átmérője nyitott cellák esetében 68 km, zárt cellák esetében 62 km; a leggyakoribb értékköz nyitott celláknál a 71–80, zárt celláknál pedig a 41–50 km.

*Aerológiai jellemvonások.* A cellás konvekció aerológiai feltételeinek elemzéséhez az 1970. év anyagából 54 olyan esetet választottunk ki, amikor az észak-atlanti térségben működő időjárás hajók körzetében a műholdfelvételek konvekciós cellák jelenlétére mutattak. Valamennyi felhasznált felhőfelvételt az ESSA 8 mesterséges hold készítette; mivel ennek a műholdnak a nappali átvonulása az észak-atlanti térségben 1970-ben a helyi 10 óra körüli időpontban volt, a felhőfelvételeket és az időjárás hajók 12 GMT-kor végzett rádiószonda-méréseit közel egyidejű információnak tekinthettük.

9. ábra. A légoszlop jellemző hőmérsékleti ( $T$ ) és nedvességi ( $T_d$  harmatpont) rétegződése, valamint áramlási szerkezete mezo-skálájú cellás konvekció kialakulása esetén.  $J$  időjárás hajó (52,5°N, 20,0°W), 1970. június 18. 12 GMT.  $T_w - T = 0,8^\circ$ , az inverzió magassága 1550 m, a nyitott cellák átmérőjének és magasságának aránya 16:1

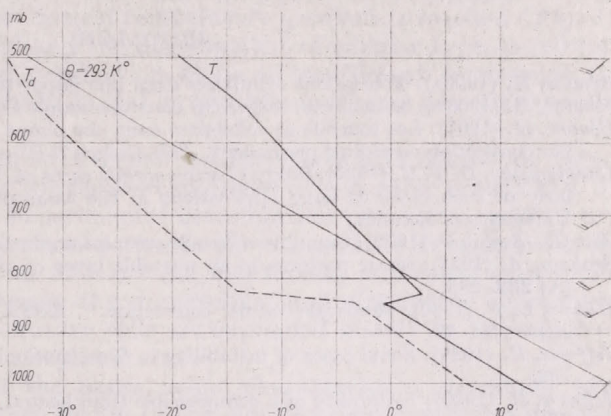


Fig. 9. Representative temperature ( $T$ ) and humidity (dew-point  $T_d$ ) soundings, as well as upper winds in the case of mesoscale cellular convection. Ocean weather ship  $J$  (52.5°N, 20.0°W) 1200 GMT 18 June 1970.  $T_w - T = 0.8^\circ\text{C}$ , height of the inversion 1550 m, diameter: depth ratio of the open cells 16:1

A vizsgált esetek 52%-ában a magassági légállapotmérések a cellás konvekcióra tipikusnak tekinthető hőmérsékleti és nedvességi rétegződést mutattak (9. ábra). A tengerfelszíntől 1500–3000 m magasságig jól keveredett, magas nedvességtartalmú légréteg helyezkedik el, amelyben a vertikális hőmérsékleti gradiens közel áll az adiabatikus értékhez, a felhőalap alatti néhány száz m-es rétegben pedig gyakran alakul ki szuper-adiabatikus gradiens. A konvektív cirkulációkat magában foglaló ezen réteget felülről markáns inverzió zárja le. Az inverzió fölötti levegő potenciálisan átlagosan 4–6 fokkal melegebb és lényegesen szárazabb a konvektív réteg levegőjénél.

Az esetek 32%-ában felső inverzió nem volt jelen, a konvektív réteget stabilis hőmérsékleti rétegződésű száraz levegő zárta le. A vizsgált esetek fennmaradó 16%-ában a rádiószondás felszállás nem mutatott karakterisztikus változást sem a hőmérséklet, sem pedig a nedvesség függvényes eloszlásában. Feltételezzük, hogy ezekben az esetekben a felhőlevegőnek a környezeti levegővel történő keveredése az a korlátozó tényező, amely a konvektív felhőzet vertikális fejlődésének határt szab.

Számításaink szerint a felhőalap alatt a  $\gamma$  vertikális hőmérsékleti gradiens közepes értéke nyitott cellák kialakulása alkalmával  $0,94^\circ/100$  m, zárt cellák kifejlődése esetén pedig  $0,78^\circ/100$  m. A nyitott cellák térségében talákoztunk olyan esetekkel, amikor  $\gamma$  értéke a talajközeli 200 m-es légrétegben meghaladta az  $1,9^\circ/100$  m-t; zárt cellák alkalmával  $\gamma$  maximális értéke  $1,2^\circ/100$  m volt.

A konvektív réteget lezáró inverzió (stabilis réteg) átlagosan 1940 m magasságban helyezkedett el, 850 m-es legalacsonyabb és 3150 m-es legma-

gasabb értékkel. A cellák átmérőjének és a konvektív réteg magasságának arányára közepesen 16:1 adódott; a vizsgált esetek között a minimális arány 7:1, a maximális pedig 35:1 volt.

A konvektív rétegen belül a vertikális szélnyírás minimális. A konvektív réteg alsó és felső határa között a közepes szélfordulás  $8,8^\circ$ , a szél sebessége pedig 3,6 m/sec-ot változik.

A vizsgált esetek kis száma nem tette lehetővé, hogy az összes aerológiai jellemzőségeket a konvekciós cellák két típusára vonatkozóan elkülönítve is elemezzük.

#### IRODALOM

- Bénard, H. (1900a): Tourbillons cellulaires dans une nappe liquide. I. *Rev. Gén. Sci.*, **11**. 1261.  
Bénard, H. (1900b): Tourbillons cellulaires dans une nappe liquide. II. *Rev. Gén. Sci.*, **11**. 1309.  
Bénard, H. (1901): Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide transportant de la chaleur par convection en régime permanent. *Ann. Chimie et Physique*, **23**. 62.  
Dassanayake, D. T. E. (1937): Study of some special cases of instability of fluid layers, particularly of such cases as have applications in the atmosphere. *Unpublished Ph. D. Thesis*, University of London.  
Götz G.—Szalay G. (1972): Cumuluswolkenstrassen im nordatlantischen Raum. *Időjárás*, **76**. 298  
Graham, A. (1933): Shear patterns in an unstable layer of air. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, (A) **232**. 285.  
Hubert, L. F. (1966): Mesoscale cellular convection. *ESSA Meteorological Satellite Laboratory Report No. 37*.  
Jeffreys, H. (1928): Some cases of instability in fluid motion. *Proc. Roy. Soc. London*, (A) **118**. 195.  
Jeffreys, H. (1930): Instability of a compressible fluid heated below. *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **26**. 17.  
Krueger, A. F.—S. Fritz (1961): Cellular cloud patterns revealed by TIROS I. *Tellus*, **13**. 1.  
Kuo, H. L. (1965): Further studies of the properties of cellular convection in a conditionally unstable atmosphere. *Tellus*, **17**. 413.  
Mal, S. (1930): Forms of stratified clouds. *Beitr. Phys. freien Atm.*, **17**. 40.  
Nakagawa, Y.—P. Frenzen (1955): A theoretical and experimental study of cellular convection in rotating fluids. *Tellus*, **7**. 1.  
Pellew, A.—R. V. Southwell (1940): On maintained convective motion in a fluid heated from below. *Proc. Roy. Soc. London*, (A) **176**. 312.  
Phillips, A. C.—G. T. Walker (1932): The forms of stratified clouds. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **58**. 23.  
Priestly, C. H. B. (1962): Width-height ratio of large convection cells. *Tellus*, **14**. 123.  
Ray, D. (1965): Cellular convection with nonisotropic eddies. *Tellus*, **17**. 434.  
Rayleigh, Lord (J. W. Strutt) (1916): On the convection currents in a horizontal layer of fluid when the higher temperature is on the under side. *Proc. Roy. Soc. London*, (A) **22**. 529.  
Stommel, H. (1947): A summary of the theory of convection cells. *Ann. New York Acad. Sci.*, **48**. 715.  
Terada, T. (1928): Some experiments on periodic columnar formation of vortices caused convection. *Rep. Aero. Res. Inst. Tokyo*, **3**. 1.  
Tánczer T. (1969): The evaluation of cloud sizes on satellite (APT) pictures. *Időjárás*, **73**. 129.  
Woodcock, A. H.—J. Wyman (1947): Convective motion in air over the sea. *Ann. New York Acad. Sci.*, **48**. 749.  
Вельтищев, Н. Ф. (1969): Ячейковая конвекция в атмосфере. *Труды ГМЦ*, вып. 50.  
Минина, Л. С. (1970): Практика нефанализа. Гидрометеиздат, Ленинград.

## CELLULAR CONVECTION IN THE ATMOSPHERE AND ITS CHARACTERISTICS OVER THE NORTH-ATLANTIC REGION

In the first part of the paper, a general review of the theoretical and experimental work concerning cellular convection, produced in the laboratory and observed in the atmosphere, is given.

It has long been known that, when a confined layer of fluid is heated uniformly at the lower surface (or cooled uniformly at the upper surface), it becomes unstable and there sets in a regime of polygonal (hexagonal) convection cells as soon as a certain critical temperature gradient is reached (*Fig. 1*). This break-down of the fluid and the development of cellular type convection begins, when molecular heat conduction alone is insufficient to prevent the fluid from becoming excessively unstable, and viscous forces are overcome by "active" vertical motions.

Meteorological satellites have shown a surprisingly high degree of meso-scale cellular organization of convective cloudiness over oceanic areas (*Fig. 2*). Both theoretical work and experimental investigation provide suggestive evidence that mesoscale cellular convection in the atmosphere develops for the same reasons and in response to the same mechanism as *Bénard* cells in the laboratory. Differences between the dimensional and circulation characteristics of atmospheric and laboratory cells are explained mainly by the compressible and eddy nature of atmospheric air.

In the second part of the paper, some characteristics of cellular type cloud pattern over the eastern region of the North-Atlantic area are investigated, using cloud pictures taken by the ESSA 2, ESSA 4, ESSA 6 and *Nimbus 2* satellites during the 22-month period of March 1966 – December 1967.

The percentage frequency of the occurrence of cellular type convection over an area bounded by each 5th degree of latitude and 5th degree of longitude for the whole 22-month period is shown in *Fig. 4*. According to this figure, cellular convection of any type is most likely to occur within the temperate zone of the North-Atlantic ocean, between the 30N and 60N latitudes. Toward the north of this zone, where the sea-temperature is going to be usually lower than the overlying air, and toward the south of this area, where the difference between the sea and air temperatures tends to disappear, cellular cloud formation is less common.

*Figure 5* contains information on the percentage frequency of the two main types of cellular cloud circulation: the open and closed cell formations (*Fig. 3*). Open cells usually develop where the temperature difference between the sea and the overlying air is relatively high (2–3°C), while in the cases of closed cell development this difference is around 1°C. Supposedly this is the main reason why north of the 60th latitude only open cells are observed, and the highest frequency of closed cell occurrence is found south of the 40th latitude.

Regarding  $T_w - T$ , the temperature difference between the sea-surface and the overlying air in cases of cellular cloud development, *Fig. 6* shows that in more than 90% of the cases cellular convection appears when the sea is warmer than the air. On the average, for open cells  $T_w - T = 2.7^\circ\text{C}$ , for closed cells  $T_w - T = 0.8^\circ\text{C}$ .

On each day when cellular convection was present over the area investigated, three different values of cell diameter were established: *a*) the characteristic diameter of the typical cells in the sample; *b*) the characteristic diameter

of the smallest cells in the sample; *c*) the characteristic diameter of the largest cells in the sample. The frequency distribution of these values is shown in *Fig. 7* and *Fig. 8*. For both open and closed cells, the typical average cell diameter is 35 km; in 47% of the cases the size range of the typical cells is 31 to 40 km. The average diameter of the smallest cells (both open and closed) is around 10 km, i.e., close to the resolution limit of satellite television pictures. The average diameter of the largest open cells is 68 km, while that of the largest closed cells is 62 km.

For investigating the aerological conditions of cellular cloud development, 54 cases during the year of 1970 were selected when satellite pictures revealed cellular cloud pattern in close vicinity of ocean weather ship locations. All these pictures were taken by ESSA 8 satellite. Since the daylight passage of ESSA 8 satellite was at that time over the North-Atlantic region around local 10a.m., cloud pictures and 12 GMT aerological measurements of weather ships were approximately simultaneous.

In 52% of the cases soundings revealed the typical vertical distribution of temperature and moisture (*Fig. 9*): strong inversion in temperature and very dry air over a several hundred meter deep layer with unstable stratification and high water vapor content. In 32% of the cases there was no temperature inversion present; the convective layer was closed from above by dry air with stable stratification. In the remaining 16% of the cases no significant changes in temperature and moisture soundings could be detected; it is assumed that in such cases entrainment of environmental air is the main limiting factor of the vertical development of convective clouds.

The average lapse rate of temperature in the layer below the cloud base was found  $0.94^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  in cases of open cells, and  $0.78^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  in cases of closed cells.

The average height of the bottom of the inversion layer was found at 1940 m, with a minimum height of 850 m and maximum height of 3150 m. The ratio of the cell diameter to the depth of the convective layer was 16:1, with a minimum value of 7:1 and a maximum value of 35:1.

We found the vertical wind shear within the convective layer to be small. The average change in wind direction between the top and the bottom of the convective layer was 8.8 degrees, while the average change in wind speed within this layer was  $3.6\text{ m sec}^{-1}$ .

---

# Изучение поля концентрации SO<sub>2</sub> в Братиславе

Ф. ГЕСЕК, *Институт метеорологии и климатологии САН, Й. РАК и*  
Д. ЗАВОДСКИ, *Гидрометеорологический Институт, Братислава*

*A kén-dioxid területi megoszlásának vizsgálata Bratislavában.* Jelen dolgozatban a szerzők az SO<sub>2</sub> területi megoszlását vizsgálják az 1970-től folyó meteorológiai megfigyelések, a légszennyeződési mérések és az emisszió-kataszter alapján. A tanulmány két részből áll. Az első részben kísérleti eredmények analizisét tárgyalják, a másodikban a területi megoszlás számítását ismertetik a füstfáklya-diszperzió matematikai modellje alapján.

\*

*The analysis of the SO<sub>2</sub> concentration field in Bratislava.* In this work an analysis of the SO<sub>2</sub> concentration field in Bratislava is made, on the basis of the emission inventory, the measurements of air pollution and meteorological observations in 1970. This work is divided into two parts: the first one contains an analysis of experimental results and the second one is a calculation of the concentration field, by using a mathematical model of the plume dispersion.

\*

Столица Словакии Братислава является одним из самых больших по промышленности и народонаселению центров Чехословацкой социалистической республики. Благоприятное расположение и достаточное количество технической воды были основой развития химической промышленности, которая вместе с энергетикой и быстро растущим автомобильным транспортом, больше всего загрязняет воздух. Большая часть загрязнения воздуха по количеству приходится на долю сернистого ангидрида. Его общая годовая эмиссия составляет приблизительно 60.000 тон, и ввиду дальнейшего планированного развития промышленности и энергетики его количество в ближайшие годы возрастет. В предложенной работе проведен анализ поля концентрации SO<sub>2</sub> в Братиславе на основе баланса эмиссии, измерений загрязнения воздуха и метеорологических наблюдений с 1970 года. Работа состоит из двух частей. В первой части проводится анализ экспериментальных результатов, во второй проведен расчет поля концентрации на основе математической модели рассеяния дымовой струи.

## *Анализ измерений загрязнения воздуха*

Братислава находится в юго-западной части Словакии у подножия горного массива Малых Карпат. Часть города построена прямо на его склонах. Большая часть города лежит на Подунайской равнине. Площадь теперешней Братиславы приблизительно 200 км<sup>2</sup>, плотно населенная часть составляет немного больше половины этой площади. Большая часть промышленных источников загрязнения атмосферы лежит в области от северо-восточной до южной границы города. Самое большое братиславское промышленное предприятие — нефтеперерабатывающий завод Словнафт, находится в юго-восточной части города.

Приблизительный баланс эмиссии SO<sub>2</sub> в Братиславе на 1970 год был следующим:

Словнафт	30 000 т
Энергетика	12 000 т
Остальная промышленность	10 000 т
Мелкие источники	8 000 т
Общее	60 000 т

Эмиссия сернистого ангидрида из Словнафта и больших энергетических предприятий колеблется в течение года очень мало. Наоборот эмиссия в большинстве промышленных заводов и жилищно-коммунальной сфере достигает самое большое значение в отопительном сезоне, в то время как в летних месяцах бывает небольшой.

Гидрометеорологический институт в Братиславе постоянно измеряет средние дневные концентрации сернистого ангидрида в Братиславе на 11 станциях с помощью аспирачно-колориметрического метода *Веста и Геке* [1]. Обмен образцов проводится одновременно в 7 00 час. СЕВ. Расположение станций видно из рис. 1.

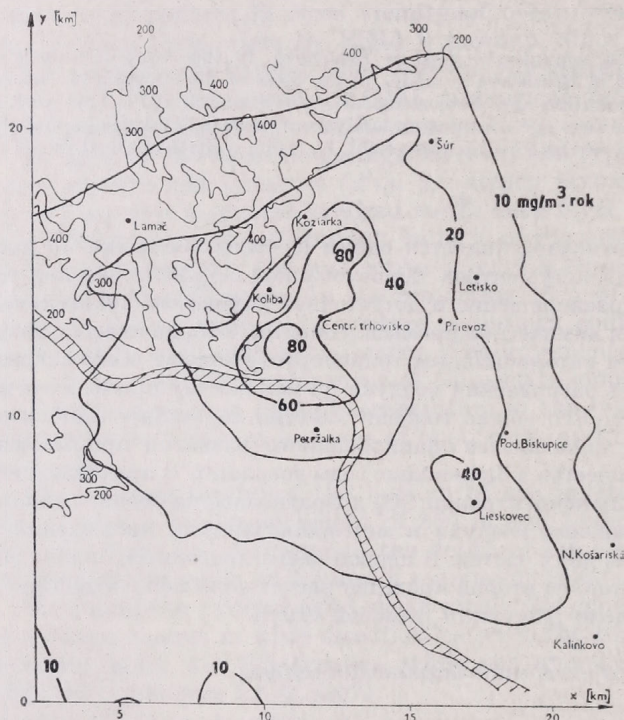


Рис. 1: Вычисленная годовая интегральная доза концентрации сернистого газа в  $\text{мг}/\text{м}^3$  в Братиславе от всех источников в 1970г

На трех станциях (Koliba, Prievoz, Lieskovec) непрерывно регистрируются кратковременные концентрации  $\text{SO}_2$  полярнографически-кулонометрическими анализаторами *Новака*.

В табл. I приведена частота появления, месячные средние значения и максимальные значения средних дневных концентраций в отдельные месяцы 1970 г. Из таблицы видно, что возможность превышения концентрации допустимой гигиеником ( $0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$ ) возможна с определенной вероятностью на каждой станции. Самые высокие значения концентрации были измерены внутри города, где напр. станция Центральный рынок в зимние месяцы показывала в 80% случаев превышение ПДК.

На всех станциях был хорошо выраженный годовой ход концентрации, который является противоположным годовому ходу температуры воздуха. Дневной ход концентрации  $\text{SO}_2$  в Братиславе ввиду изменяющейся эмиссии и метеорологических факторов, бывает очень неправильным. Только в днях с небольшим из-

менением направления ветра, появляется намек дневного хода с двумя максимумами в утренних и вечерних часах. Недостатком измерений кратковременных концентраций был тот факт, что анализаторы SO<sub>2</sub> работали на окраине города. Поэтому можно предположить, что в центральной части города дневной ход концентрации будет более регулярным.

Подунайская равнина представляет из себя значительную часть низменности между Альпами и Карпатами. Это орографическое понижение обуславливает

ТАБЛИЦА I

Частота появления, месячные средние и максимальные величины среднесуточных концентраций SO<sub>2</sub> [10<sup>2</sup>мг/м<sup>3</sup>] в Братиславе в отдельных месяцах 1970 г.

Абсолютная частота в классных интервалах	Месяц												Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Č. 1. Lamač												Č. 2. Koliba											
00—05	4	18	21	26	25	27	28	30	20	29	21	16	3	8	11	22	28	28	29	26	24	19	12	16
06—10	10	6	9	4	—	2	1	1	3	1	8	13	8	11	12	2	3	1	2	3	2	7	9	9
11—15	5	3	—	—	—	—	—	—	1	—	1	2	7	8	4	1	—	—	—	1	3	5	4	5
16—22	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	3	—	—	—	—	1	1	—	3	1
23—30	5	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31—45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	31	28	30	30	25	30	29	31	24	30	0	31	31	28	30	25	31	29	31	31	30	31	28	31
>15; %	39	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	4	10	—	—	—	—	3	3	—	11	3
Средн.	14	6	4	4	2	3	2	1	3	1	4	6	15	8	7	3	3	2	2	3	4	5	7	7
Макс.	30	27	9	9	4	24	7	6	11	6	11	12	32	16	18	12	9	8	8	20	16	5	21	22
	Č. 3. Koziarka												Č. 4. Šúr											
00—05	5	10	20	29	31	30	28	21	25	26	23	20	14	14	26	30	31	30	26	24	28	29	27	18
06—10	8	12	8	1	—	—	—	3	5	2	7	5	10	9	4	—	—	—	—	1	2	2	1	—
11—15	6	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—22	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23—30	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31—45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>46	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	31	28	29	30	31	30	28	24	30	28	30	31	31	23	31	30	31	30	26	25	30	31	28	18
>15; %	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Средн.	16	7	4	2	2	2	1	2	3	3	4	6	8	6	5	2	1	2	2	1	2	2	2	2
Макс.	83	13	13	6	5	4	5	6	9	9	8	12	34	10	40	4	3	4	3	6	7	6	6	5
	Č. 5. Centrálné trhovisko												Č. 6. Prievoz											
00—05	—	—	3	6	17	20	23	19	17	7	9	8	2	8	14	22	24	27	28	23	13	11	16	10
06—10	2	3	3	16	8	9	7	9	9	17	8	5	12	14	12	5	4	3	3	—	8	3	7	18
11—15	3	2	6	4	5	—	—	2	3	3	9	5	11	4	4	2	2	—	—	2	—	3	—	3
16—22	5	13	4	1	—	—	—	1	1	3	4	3	5	2	—	1	1	—	—	—	3	3	—	—
23—30	14	9	5	1	1	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31—45	5	1	6	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—
>46	2	—	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	31	28	31	30	31	29	30	31	30	30	30	24	31	28	31	30	31	30	31	25	25	20	23	31
>15; %	84	82	61	13	3	—	—	3	3	10	13	25	19	7	3	3	3	—	—	—	16	15	—	—
Средн.	26	20	24	12	6	4	4	5	5	8	10	11	12	8	7	5	4	3	3	3	6	7	4	7
Макс.	52	35	83	60	30	9	9	17	18	20	21	34	28	21	42	16	20	8	6	12	32	22	10	12

Абсолютная частота в классовых интервалах	месяц												месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Č. 7. Letisko												Č. 8. Podunajské Biskupice											
00—05	2	9	13	29	28	30	30	22	28	—	15	20	4	15	16	21	25	29	31	25	30	30	25	28
06—10	8	11	5	—	2	—	—	1	2	—	—	8	7	12	11	3	4	—	—	1	—	1	1	3
11—15	3	5	1	1	—	—	—	—	—	—	—	2	13	—	4	2	2	—	—	—	—	—	—	—
16—22	11	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
23—30	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
31—35	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>46	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	31	26	19	30	30	30	30	23	30	—	15	30	30	28	31	29	31	29	31	26	30	31	26	31
>15; %	58	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	4	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
Средн.	19	8	5	4	1	2	2	1	2	—	2	6	10	7	6	7	4	2	2	1	1	2	2	1
Макс.	71	19	11	13	8	4	4	7	10	—	4	11	30	16	13	51	13	5	5	6	5	10	6	6
	Č. 9. Lieskovec												Č. 10. Nové Košariská											
00—05	11	11	13	21	18	27	27	23	26	30	29	10	5	12	10	27	27	29	27	24	27	29	27	23
06—10	6	7	6	3	4	1	3	—	2	—	—	6	12	12	16	2	1	—	2	—	2	2	2	1
11—15	8	1	7	2	—	1	—	—	—	—	—	—	9	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—22	4	4	1	1	1	—	—	—	1	—	—	2	2	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
23—30	1	1	1	2	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31—45	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>46	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	31	26	29	29	23	30	31	23	29	30	29	19	29	28	26	29	28	29	30	24	29	31	29	24
>15; %	19	27	10	10	4	3	3	—	3	—	—	16	10	4	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Средн.	10	10	9	5	3	3	3	0	1	1	2	7	10	7	5	3	2	3	3	2	2	2	2	3
Макс.	31	33	46	23	17	32	23	2	10	3	5	26	24	18	9	7	6	5	21	5	8	8	8	11
	Č. 11. Kalinkovo																							
00—05	4	15	21	30	31	28	29	31	27	31	30	27												
06—10	13	8	5	—	—	1	2	—	3	—	—	3												
11—15	10	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
16—22	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
23—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
31—45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
>46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
Σ	31	27	26	30	31	29	31	31	30	31	30	31												
>15; %	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
Средн.	10	6	4	2	2	2	2	1	2	1	2	3												
Макс.	20	13	7	5	5	6	7	2	10	5	4	11												

характерную циркуляцию воздуха с преобладающими направлениями вдоль оси северо-запад—юго-восток, и в общей сложности более быстрый обмен воздуха по сравнению с соседними областями. Малые Карпаты, которые образуют непрерывное орографическое препятствие с относительным превышением в 400—500 м, лежат перпендикулярно к преобладающим направлениям. Этот факт вызывает то, что климатические условия города по сравнению с примыкающими низменностями являются более сложными. Для северозападного направления являются типичными большие скорости ветра. С точки зрения загрязнения воздуха Братиславы эти ситуации являются самыми благоприятными. Наоборот, второе главное движение с юго-востока является в большинстве случаев медленным с по-

стоянной температурной стратификацией. Ориентация гребня Малых Карпат способствует этому, что юговосточное движение в области города в нижних 200—300 м слоев поворачивается в направлении массива с тенденцией обтечь его с юга. Поэтому вторым самым направлением ветра становится северо-восток. При такой часто встречающейся ситуации эксгалаты из окраинных промышленных частей города проникают в центр города. В ночные часы, когда влияние горного массива является более выразительным, наступает проникновение эксгалатов далеко во внутреннюю часть Братиславы. Население ошибочно предполагает, что химические заводы используют пониженное внимание общественности в ночные часы для выпуска органолептических эксгалатов.

Изучение соотношения между концентрацией  $\text{SO}_2$  и метеорологическими элементами встречается с трудностями. Использование средних дневных значений вело к сглаживанию или маскировке правильности кратковременного характера. Больше всего это видно при изменении направления ветра. Как мы и предполагали, зависимости средних дневных концентраций от отдельных элементов не были близкими. Средние дневные концентрации лучше всего совпадали со значениями предыдущего дня на той же самой или соседней станции. В отопительном сезоне эти коэффициенты корреляции на станциях внутри города достигали больше 60%. Из отдельных метеорологических элементов лучше всего совпадают скорость ветра, температура и видимость в зимних месяцах для станций внутри города (40—60%). Самая низкая корреляция была в весенних месяцах, что связано с очень переменным характером погоды в этом периоде. Экспериментально выведенные соотношения регрессии с большим числом параметров в годовом периоде измерений хотя вело к более близкой связи между вычисленными и измеренными значениями, но их использование с целью кратковременного прогноза является в значительной мере ограниченным, так не содержат в явном виде данные об эмиссии  $\text{SO}_2$ . Влияние атмосферных осадков на уровень концентрации в нашем опыте было минимальным. Главной проблемой при поиске стохастических связей между загрязнением воздуха и погодой был тот факт, что в нашем распоряжении были метеорологические наблюдения только трех приземных профессиональных метеорологических станций. Стабильность атмосферы подтверждалась только косвенно. В будущих годах мы планируем расширить измерения кратковременных концентраций  $\text{SO}_2$  автоматическими анализаторами, использовать метеорологические наблюдения новопостроенной станции на хребте Малых Карпат, аэрологические зонды из Вены и для изучения состояния граничного слоя ЛИДАР.

На основе годовых измерений загрязнения атмосферы мы провели физико-статистический анализ поля концентрации  $\text{SO}_2$  разложением его на собственные функции [2]. Ввиду ограниченного объема доклада, а также потому что работа еще не закончена, мы ограничимся только предварительной оценкой достигнутых результатов. С методом разложения поля физической величины на собственные функции мы часто встречаемся в различных областях физики и метеорологии. Его использование при анализе измерений загрязнения атмосферы мы найдем, напр. в Трудах ГГО [3]. Преимуществом разложения на собственные функции является высокая скорость сходимости исследуемого ряда, поэтому для достижения достаточной степени приближенности данного поля концентрации достаточно нескольких первых членов разложения. Остальную отфильтрованную часть информации представляют «шумы», т. е. случайные городские влияния. Собственные функции вычисляются из совокупности реализации поля исследуемого элемента и выражают его характерные особенности, на основе которых им можно приписать определенный физический смысл. Можно показать, что поле концентрации  $\text{SO}_2$  можно выразить, как сумму независимых субполей, которые являются

также следствием независимых причин. Причем пространственная структура субполя идентична с пространственной структурой поля собственной функции за исключением постоянного множителя. Анализ измерений 1970 г. показал, что первыми 4 членами разложения была достигнута 85% приближенность поля. Эти члены статистически выражают постоянные факторы, которые действуют в течение всего года. Пространственные структуры четырех групп собственных функций, за исключением постоянного фактора, характеризуют субполя концентраций. Первая разложение поля концентрации  $\text{SO}_2$  в Братиславе при скорости ветра равной 0, дальнейшие 3 при главных направлениях ветра NNW, WNW, ENE. Анализы этого типа будут уточнены на основе расширенных измерений концентраций сернистого газа автоматическими анализаторами.

*Математическая модель для расчета загрязнения воздуха*

Пространственное распределение концентрации данного эксгалата, выпускаемого в атмосферу точечным источником в настоящее время вычисляется в общем виде по соотношению:

$$g(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi U_h \sigma_y(x) \sigma_z(x)} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2(x)}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right] + \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right] \right\} \quad (1)$$

где  $g(x, y, z)$  — концентрация вредного вещества в  $\text{г/м}^3$   
 $Q$  — мощность источника в  $\text{г/сек}$   
 $H$  — эффективная высота источника в м  
 $U_h$  — скорость ветра на действительной высоте источника  $h$  в  $\text{м/сек}$

$\sigma_y(x), \sigma_z(x)$  — параметры рассеяния в направлении  $y$ , или  $z$  в м. Система координат ориентирована так, чтобы начало лежало на земле в месте источника, положительное направление было идентично направлению ветра, а ось  $z$  имела вертикальное направление.

Значение концентрации в данной точке зависит от параметров  $Q, H$ , характеризующих источник и от параметров  $U_h, \sigma_y(x), \sigma_z(x)$ , которые выражают влияние метеорологических условий на концентрацию  $g(x, y, z)$ . Скорость ветра можно легко измерить. Параметры рассеяния  $\sigma_y(x), \sigma_z(x)$  являются мерой способности к рассеянию эксгалатов, т. е. являются функцией турбулентности атмосферы. Из уравнения баланса турбулентной энергии вытекает, что турбулентность зависит главным образом от скорости ветра и от обмена тепла между почвой и атмосферой. Этот факт использовал Пасквил [4] к тому, чтобы сложные измерения турбулентных характеристик заменил данными, измеренными на обычных метеорологических обсерваториях. Опираясь на уравнение теплового баланса земной поверхности, турбулентный обмен тепла заменил радиационным балансом. Для дневного периода провел дальнейшее упрощение, когда вместо радиационного баланса рассматривал только его главный член — суммарную радиацию. По величине суммарной радиации, или эффективного излучения ночью и скорости ветра он разделил все состояние турбулентности на 6 т. н. категорий стабильности, или типов турбулентности. Для каждой категории он на основе известных до того времени экспериментов получил зависимость  $\sigma_z(x)$  от расстояния  $x$ . То же самое провел Гиффорд [5] для  $\sigma_y(x)$ .

Типизация категорий стабильности была позднее усовершенствована Турнером [6] и Уэлигом [7], которые расширили количество категорий стабильности на [7]. Турнер вместо суммарной радиации ввел радиационный баланс, Уэлиг улучшил оценку турбулентного обмена тепла между поверхностью земли и атмосферой тем, что рассматривал движение тепла в почве. Его типизацию мы использовали при расчете дозы концентрации  $SO_2$  в атмосфере над заданной областью.

### *Основные принципы модели загрязнения*

При введении контроля загрязнения атмосферы отдельными заводами необходимо знать какую часть вносит данный завод в существующий уровень загрязнения. В области, где существует большое количество других источников, единственным возможным способом, как оценить эту долю, является теоретический расчет. Оценку качества воздуха на всей территории данной области, в данном случае Братиславы, потребовал отдел строительства городского совета. По этой причине была разработана модель загрязнения атмосферы. Расчет был проведен на вычислительной машине IBM 7040. Целью этого доклада является краткое изложение главных принципов модели и достигнутых результатов.

### *Данные об источниках*

Для того, чтобы было можно провести расчет загрязнения атмосферы на площади, на которой находится значительное количество промышленных и других мелких источников  $SO_2$  необходимо было провести определенное упрощение. Самостоятельными точечными источниками считались такие, интенсивность которых была большей, чем  $5 \text{ г } SO_2 / \text{сек}$ . Небольшие промышленные предприятия были суммаризованы вместе с другими источниками такими как, домашнее отопление, котельни и другие мелкие источники (учреждения, школы и т. д.) по площади с диаметром приблизительно до  $1,5 \text{ км}$  в одном источнике.

Интенсивность  $SO_2$  в промышленных предприятиях бывает в течение всего года приблизительно постоянной. Наоборот большая часть (приблизительно  $3/4$ ) мелких источников носит сезонный характер. В результате того, что розы ветров в зимнем и летнем периодах в Братиславе существенно не отличаются [8], мы считали продукцию  $SO_2$  у плоскостных источников равномерно на целый год. В конечном итоге это не влияет на результирующую дозу концентрации  $SO_2$ .

Интенсивность промышленных источников определялась из сообщений заводов Государственной технической инспекции по чистоте атмосферы. Интенсивность плоскостных источников определялась:

1. На основе детального росписи продукции  $SO_2$  домашним отоплением, разработанного на Министерстве лесного и водного хозяйства.
2. Из приблизительно определенной плотности домашних котельней, мелких источников и незначительных промышленных источников в отдельных частях города и из известного количества угля или мазута, приходящегося на эти источники.

При определении высоты плоскостных источников мы поступали следующим образом: для частей города без мелкой промышленности и высоких домов мы брали высоту  $15 \text{ м}$ . В кварталах с самой большой плотностью промышленных предприятий мы брали среднюю высоту  $25 \text{ м}$ . Между ними находились высоты в зависимости от изменяющейся плотности промышленности и высоты домов.

Для расчета превышения для небольших и средних источников с тепловой мощностью  $G < 20 \text{ MW}$  мы использовали соотношение Голланда [9]

$$\Delta H = \frac{1,5 WD + 9,8 G}{U_h}$$

где  $W$  — скорость выпуска эксгалата в м/сек

$D$  — диаметр короны трубы в  $M$

$G$  — тепловая мощность источника в  $MW$

Для больших источников с  $G \geq 20 MW$  мы использовали соотношение Лукас — Мур — Снурр [9]:

$$\Delta H = \frac{(1,5h - 50)G^{0,25}}{U_h}$$

### Метеорологические параметры

Для выражения влияния направления и скорости ветра мы разделили каждую категорию стабильности на группы по скоростям. Отдельным группам соответствует скорость ветра  $U$

I. —  $U \leq 2$  м/сек

II. —  $2 < U \leq 5$  м/сек

III. —  $U > 5$  м/сек

Каждой группе скорости соответствует 36-членная ветряная роза. Случаи безветрия были распределены по всем направлениям ветра первой группы по их численности, кроме направлений с азимутом 27—35, так как ветер в этих направлениях отличается постоянной высокой скоростью.

### ТАБЛИЦА II

Значения параметра  $p$  для отдельных типов турбулентности

Тип турб.	I	II	III	IV	V	VI	VII
$p$	0,510	0,417	0,372	0,230	0,167	0,158	0,138

Так как скорость ветра стандартно измеряется в 10 м высоте над поверхностью земли, необходимо ее пересчитать на высоту источника  $h$ . Перерасчет мы провели по соотношению  $U_h = U \left( \frac{h}{10} \right)^p$ . Параметр  $p$  имеет для категорий стабильности значения [10], приведенные в табл. II.

### ТАБЛИЦА III

Значения поперечного и вертикального стандартного отклонения в зависимости от расстояния  $x$  до источника для отдельных типов турбулентности

Тип турбулентности	$\sigma_y(x)$	$\sigma_z(x)$
I.	0,0454 $x^{0,9031}$	0,51 $x^{0,43}$
II.	0,0722 $x^{0,9031}$	0,45 $x^{0,5}$
III.	0,1046 $x^{0,9031}$	0,54 $x^{0,54}$
IV.	0,1474 $x^{0,9031}$	0,371 $x^{0,64}$
V.	0,2089 $x^{0,9031}$	0,107 $x^{0,92}$
VI.	0,2751 $x^{0,9031}$	0,059 $x^{1,09}$
VII.	0,3658 $x^{0,9031}$	$0,29 \cdot 10^{-4} x^{2,1}$

Зависимость параметра рассеяния  $\sigma_y(x)$  является в лог координатах практически линейной. Самое оптимальное аналитическое выражение [8] представлено в табл. III.

Ход  $\sigma_z(x)$  в зависимости от расстояния в тех же самых координатах не является линейным. Для того, чтобы мы сохранили и в этом случае всеобщее принятый вид для параметра рассеяния  $\sigma = a \cdot x^b$ , мы интерполировали кривые прямыми линиями. Ошибкой, которую мы при этом допустили, можно пренебречь по сравнению с ошибкой, которая возникает при экстраполивании кривых. Аналитические соотношения для  $\sigma_y(x)$ ,  $\sigma_z(x)$ , действительные для расстояний 0,5—25 км, приведены в табл. III.

ТАБЛИЦА IV

Значения величины  $x'$  для отдельных типов турбулентности

Тип турб.	VII	VI	V	IV	III	II	I
$x'$	2000	2700	3700	4400	5500	8000	14500

Расчет годовой дозы концентрации  $SO_2$  для точечных источников был проведен по соотношению (1) для  $z = 0$ . При плоскостных источниках мы предполагали, что выбранная величина площади (1,5 км) является шириной дымового следа, исходящего от фиктивного точечного источника, находящегося на расстоянии  $x'$  от середины площади в направлении, противоположном ветру. Поскольку для ширины дымового следа  $Y_0$  действительно, что  $Y_0(x) = 4,3\sigma_y(x)$ ,

$$\text{т. е. } \sigma_y(x) = \frac{Y_0(x)}{4,3} = \frac{1500 M}{4,3} = 349 M$$

По формуле для  $\sigma_y(x)$  можно видеть, что  $x'$  для отдельных категорий стабильности будет иметь значение, приведенное в табл. IV. Расчет концентрации для плоскостного источника будет проведен по соотношению (1) для  $z = 0$  и с преобразованной величиной  $\sigma_y(x + x')$ .

ТАБЛИЦА V

Сравнение вычисленных и измеренных доз концентрации сернистого газа в Братиславе в 1970 г.

Станция	Доза концентрации в мг/м <sup>3</sup> . год		
	вычисленная	измеренная	уменьшенная
Lamač	17	15	11
Koliba	45	20	17
Koziarka	30	14	9
Šúr	14	11	8
Centrálne trhovisko	60	40	40
Prievoz	30	20	16
Letisko	16	16	11
Podunajské Biskupice	19	15	12
Lieskovec	41	17	15
Nové Košariské	13	13	8
Kalinkovo	17	11	7

На рис. 1 приведено распределение суммарной годовой дозы концентрации сернистого газа от всех источников  $\text{SO}_2$  в Bratislave.

Для того, чтобы можно было сравнить эти данные с измеренными результатами, необходимо включить рассмотрение внегородские источники  $\text{SO}_2$ . Мы провели исправление для станций, находящихся на краю города так, что от измеренных данных мы вычли дозу концентрации, приходящуюся на ветры, в противоположном направлении от которых не лежит никакой городской источник  $\text{SO}_2$ . Результаты, полученные таким образом, мы сравнили с вычисленными данными, см. табл. V.

Как видно, вычисленные результаты относительно хорошо совпадают с измеренными по окраине города. Искажение результатов наступает, главным образом, у плоскостных источников в центре города, где вычисленные величины больше до 50%, на склонах Малых Карпат и у станции Lieskovec которая загрязняется, главным образом, от Словнафта. В этом случае возникло, очевидно, ошибка в результате соответствующего упрощения действительных условий. Славнафт является большим комплексом, лежащим на территории, большей 4 км<sup>2</sup>. Возможны тоже ошибки в измерениях концентрации сернистого газа.

В заключение можно оценить модель загрязнения, как относительно правильную, сравнительно хорошо описывающую действительные условия в атмосфере. Эту модель можно с успехом применять для тех целей, для которых она была предназначена. Однако, большее внимание необходимо уделять инвентаризации источников, особенно определению их характеристик и орографическим влияниям.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] West P. W., Gaeke G. C.: Fixation of Sulfur Dioxide as Disulfitomercurate, Anal. Chem. 12 (1956)
- [2] Hesek. F.: Fyzikálne-štatistická analýza jednoročných meraní  $\text{SO}_2$  v Bratislave, v tlači
- [3] Вавилова Н. Г. и др.: Статистический анализ данных о загрязнении воздуха с помощью естественных функций, Тр. ГГО 238 (1969)
- [4] Pasquill F.: The Estimation of the Dispersion of Windborne Material, The Meteorolog. Mag. Vol. 90 (1961)
- [5] Gifford F. A.: Use of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Diffusion, Nuclear Safety, 2 (1961)
- [6] Turner D. B.: A Diffusion Model for an Urban Area, J. Appl. Met. 3 (1964)
- [7] Uhling S.: Bestimmung der Stabilitätsgrade der Luft an Hand von Wettermeldungen, Mitt. Dt. Wetterdienst, 5 (1965)
- [8] Otruba J.: Veterné pomery Slovenska, Vyd. SAV (1964)
- [9] Metodika výpočtu očekávaného znečištění přízemního ovzduší plynnými exhalacemi tepelných elektráren a jiných spalovacích procesů, SKT (1968)
- [10] Fiedler F.: Untersuchungen über die Ausbreitung von atmosphärischen Eigenschaften und Luftbeimengungen, Teil II, Beitr. z. Phys. Atmosph. 42 (1969)
- [11] Tadmor J., Gur Y.: Analytical Expressions for Vertical and Lateral Dispersion Coefficients in Atmospheric Diffusion, Atm. Environ. Int. J. 3 (1969)

# A csapadékvíz kémiai összetétele Közép-Európában

MÉSZÁROS ERNŐ, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

*Chemical Composition of Precipitation Water in Central Europe.* The concentrations of the sulphate, calcium, ammonium, chloride and nitrate ions in precipitation water (as determined by chemical analysis) are presented for Central Europe in the winter and summer half-years. The investigation has been executed on the basis of non-simultaneous average values of 23 measuring stations situated in Austria, Federal Republic of Germany, Czechoslovakia, German Democratic Republic, Hungary and Poland (*Table I*). A correction has been developed for the elimination of the influence of meteorological factors which are independent ones from air pollution, and the corrected values are mapped. Finally, the problem of the connections existing between concentrations in the precipitation water and those in the air is investigated and it is found that the concentrations observed within the near-the-ground air layers are in no close connection with the values observed in the precipitations.

\*

*Химический состав атмосферных осадков в Центральной Европе.* Рассматривается распределение концентрации ионов сульфата, кальция, аммония, хлорида и нитрата, выявленных химическим анализом в осадках на территории Центральной Европы для зимнего и летнего полугодий. Исследования проводились по неодновременным средним величинам, полученным в общем итоге на 23 станциях на территории Австрии, ФРГ, ЧССР, ГДР, ВНР и ПНР. (*Таблица I*). Для исключения метеорологических факторов, независимых от загрязненности воздуха, но влияющих на концентрацию, разработаны поправки и на карту нанесены уже исправленные таким образом величины. В заключение кратко обсуждается вопросо взаимоотношении концентрации в осадках и в воздухе и делается вывод об отсутствии тесной связи концентрации, определяемой в приземном слое воздуха, с величинами, наблюдаемыми в осадках.

\*

## 1. Bevezetés

Az emberi tevékenység levegőt szennyező hatása az utóbbi évtizedekben globális méreteket öltött. Az ember ma már nem csak a városok és ipartelepek közvetlen környezetében befolyásolja károsan a légkör kémiai összetételét (*lokális szennyeződés*). Egyes antropogén komponensek felhalmozódása az emberi tevékenységtől távol is kimutatható. A légszennyeződés ez utóbbi fajtáját *háttér-szennyeződésnek* nevezzük. A háttér-szennyeződés azért különösen veszélyes, mert az egyes nyom-anyagok felhalmozódása a légkörben, a nagyléptékű sugárzási mérleg és felhőképződés módosítása révén, nem kívánt klímaváltozásokhoz vezethet.

A meteorológiában elfogadott gyakorlatnak megfelelően (*World Meteorological Organisation*, 1971) a háttér-szennyeződés két típusú állomásán tanulmányozható. Az ún. „baseline” állomások a légkör összetételének globális, hosszútávú változásait (pl. óceáni szigeteken), míg a regionális állomások a vidéki környezet elszennyeződését hivatottak tanulmányozni. Közép-Európa és hazánk vonatkozásában természetesen elsősorban regionális háttér-szennyeződésről beszélhetünk.

A regionális háttér-szennyeződés mérésének legegyszerűbb és legelterjedtebb módja a csapadékvíz kémiai összetételének analízise. Az ilyen jellegű hazai mérések 1966. július 1-én kezdődtek meg a következő négy állomáson: Budapest-Lőrinc, Hortobágyi halastó (Hajdú-Bihar m.), Pizskéstető (Heves m., Mátra) és Varjakpuszta-Zics (Somogy m.). Ezekon az állomásokon a havi

csapadékminta-vételek 1971 júniusával bezárólag öt éven át folytak. 1968 és 1970 között három éven át további négy állomást működtettünk: Aranyosapáti (Szabolcs-Szatmár m.), Bősárkány (Győr-Sopron m.), Jakabszállás (Bács-Kiskun m.) és Szarvas-Bikazug (Békés m.). Így nyolc állomás háromévi adatsora alapján vált lehetővé a kémiai összetétel országos területi eloszlásának tanulmányozása és az eredmények mezőgazdasági szempontból történő (a növények tápanyagfelvétele) értékelése (*Kozák és Mészáros, 1971*). Jelen dolgozat célja a közép-európai háttér-szennyeződés területi eloszlásának megszerkesztése hazai és külföldi csapadékkémiai mérések eredményei alapján. Célunk továbbá a felmerülő módszertani problémák lehetőség szerinti kiküszöbölése is.

## 2. Az állomások kiválasztása

A felsorolt nyolc magyarországi állomás közül jelen munkában a Budapest-Lőrinc és Hortobágyi halastó állomások adatait nem vettük figyelembe. Az első állomás kihagyását a főváros közelsége, a másodikét helyi talajhatások (*Kozák és Mészáros, 1971*) indokolják. Magyarországról tehát hat állomás hároméves (1968–70) adatsorát használtuk föl.

Közép-Európára vonatkozó vizsgálatunkhoz az egyidejű mérési anyagot nem biztosíthattuk, mert a környező államokban, Ausztriát kivéve, a fenti időszakban nem folytak csapadékkémiai mérések. Ausztriából is csak 1967–69-es adatokkal rendelkezünk. Ausztriában négy állomáson folynak mintavételek az Észak- és Nyugat-Európára is kiterjedő svéd hálózat keretében (az adatokat a svéd Nemzetközi Meteorológiai Intézet bocsátotta rendelkezésünkre). Ezek közül három állomás adatait vehettük figyelembe, Bécs adatait ugyanis elhagytuk, mert a város közvetlen szennyezőhatását tükrözik.

A svéd hálózat a Német Szövetségi Köztársaság területére is kiterjed, az 1967–69-es időszakban azonban csak egyetlen állomás (Hohenpeissenberg) működött. Ezért a továbbiakban kénytelenek voltunk három állomás 1956–59-ben mért adatait is felhasználni, amelyeket a *Tellus* c. folyóiratban publikált *Egnér és Eriksson (1955)*.

Csehszlovákiában a Nemzetközi Geofizikai Év alatt végeztek csapadékkémiai analíziseket (*Macků et al., 1959*). Az 1957–58-ban működő huszonkét állomásból a nekünk megfelelő területi elhelyezkedés szerint hatot választottunk ki. A kiválasztásnál a közvetlenül szennyezett és az ezer métert jóval meghaladó magasságú állomásokat lehetőleg elhagytuk. A cseh állomásokon szulfát-analíziseket sajnos nem végeztek. Szulfát-adatokat csak Hradec Králové környezetére vonatkozóan találtunk (Belec), az 1960. évre vonatkozóan (*Podzimek et al., 1963*).

A Német Demokratikus Köztársaságban 1957–59-ben mérték a csapadékvíz kémiai összetételét (*Mrose, 1961*). A tizennégy állomás közül, a csehszlovákiai mérőhelyek kiválasztásánál alkalmazott szempontoknak megfelelően, hármát választottunk ki. Megemlítjük, hogy ezeken az állomásokon havi csapadékmintákat csak a nyári félévben vettek. A téli félévben csak egyetlen helyen (Wahnsdorf) folytak egyedi csapadékminta-vételek, de ezek eredményeit sem vehettük figyelembe Drezda közelsége és az eltérő mintavételi módszer miatt.

Lengyelországban – tudomásunk szerint – részletes csapadékkémiai vizsgálatok nem voltak, csupán Pulawy térségére vonatkozóan találtunk az irodalomban adatokat (*Chojnacki és Kac-Kacas, 1963*). A mezőgazdasági

szempontból 1961–62-ben végzett mérések során a számunkra érdekes ionok közül (lásd később) a szulfát- és klorid-ionokat sajnos nem mutatták ki.

A fentieket figyelembe véve végül összesen huszonhárom állomás *nem egyidejű* adatait vehettük vizsgálat alá. Az állomások földrajzi koordinátáit és a mérési időszak közepes havi csapadékmennyiségeit az *I. táblázat* mutatja be. A feldolgozásokat, a kalciumot kivéve, a nyári (április–szeptember, a kelet-németországi állomásoknál 1958–59-ben április–október) és a téli (október–március) félévekre vonatkozóan végeztük el. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy az optimális huszonhárom adattal nem minden esetben rendelkezünk.

## I. TÁBLÁZAT

*A felhasznált állomások, földrajzi koordinátáik, a mérések időszaka és az erre vonatkozó közepes havi csapadékmennyiségek [mm]*

Állomás neve	$\varphi$	$\lambda$	h [m]	mérések időszaka	Csapadék	
					nyár	tél
Ausztria						
Klagenfurt	46°39	14°20	448	1967–69	114	50
Linz	48°04	14°25	309	1967–69	70	44
Retz	48°46	15°58	243	1967–69	44	20
Csehszlovákia						
Beleč	—	—	—	1960	59	49
Hradec Králové	50°10	15°50	280	1957–58	78	37
Jívno u. Č. B.	49°00	14°22	550	1957–58	96	38
Malé Bělíce	48°38	18°20	180	1957–58	71	39
Mariánské L.	49°55	12°44	538	1957–58	74	35
Poprad	49°04	20°15	703	1957–58	80	36
Svratouch	49°44	16°02	734	1957–58	94	46
Lengyelország						
Pulawy	51°21	21°58	137	1961–62	71	30
Magyarország						
Aranyosapáti	48°13	22°16	111	1968–70	75	38
Bősárkány	47°42	17°12	116	1968–70	58	105
Jakabszállás	46°46	19°36	120	1968–70	75	26
Piszkéstető	47°55	19°54	940	1968–70	18	52
Szarvas-Bikazug	46°50	20°32	83	1968–70	58	33
Varjakpuszta	46°41	18°01	181	1968–70	61	46
Német Dem. K.						
Görlitz	51°10	14°57	237	1957–59	76	—
Kaltennordheim	50°39	10°09	487	1957–59	67	—
Lindenberg	52°13	14°07	98	1957–59	54	—
Német Szöv. K.						
Augustenberg	49°00	8°30	145	1956–59	79	47
Braunschweig-V.	52°17	10°37	83	1956–59	63	37
Feldberg	47°52	8°01	1493	1956–59	92	61
Hohenpeissenberg	47°48	11°01	975	1967–69	107	43

Bár az egyes adatok összehasonlíthatósága szempontjából, a nem egyidejűségeken kívül, a mintavételek és kémiai analizisek különbözősége miatt is problémák adódnak, a legfontosabb tényezőket tekintve a mintavételek azonosnak tekinthetők, ugyanis minden állomáson havi mintavételek folytak és a minták a száraz ülepedést is tartalmazzák. További nehézséget hozott magával az a tény, hogy egyes állomások adatait (pl. Klagenfurt, Linz, Braunschweig, České Budějovice stb.) a közeli szennyezőforrásnak tekinthető viszonylag nagyobb város ellenére is felhasználtuk, ellenkező esetben ugyanis túl kevés lett volna a felhasználható állomás. A kiválasztásnál teljesen önkényesen azt a feltételt szabtuk, hogy ha az állomás közelében ötszázezer, vagy ennél nagyobb lakosságú város található (pl. Budapest-Lőrinc, Bécs, Drezda-Wahnsdorf), adatait vizsgálatainkba nem vonjuk be.

A számos nehézség ellenére a területi eloszlások megszerkesztését mégis megkíséreltük. Ezt az indokolja, hogy az ilyen jellegű eredmények iránti igény napjainkban egyre inkább fokozódik, s a térképek alapján, megfelelő korrekció alkalmazásával (lásd 3. rész), sok esetben már így is elfogadható, koherens kép bontakozik ki.

A légszennyeződési problémakör igényeinek megfelelően, vizsgálatainkat a következő öt ionra terjesztettük ki: szulfát, nitrát, klorid, ammónium és kalcium. Az egyes országokban végzett kémiai analizisek módszereit jelen tanulmányban nem ismertetjük. Ezek részletes leírása az idézett cikkekben található meg.

### 3. A csapadékkémiai adatok javítása

A háttér-szennyeződés területi eloszlásának meghatározásakor alapvető nehézséget jelent az a tény, hogy a csapadékvíz kémiai összetétele nem csak a légszennyeződéstől, hanem a felhők és csapadékok fajtájától, szerkezetétől és egyéb meteorológiai tényezőktől is függ (lásd: *II. táblázat*). Adott esetben tehát nem tudhatjuk, hogy ez utóbbi tényezők a területi eloszlás kialakításában

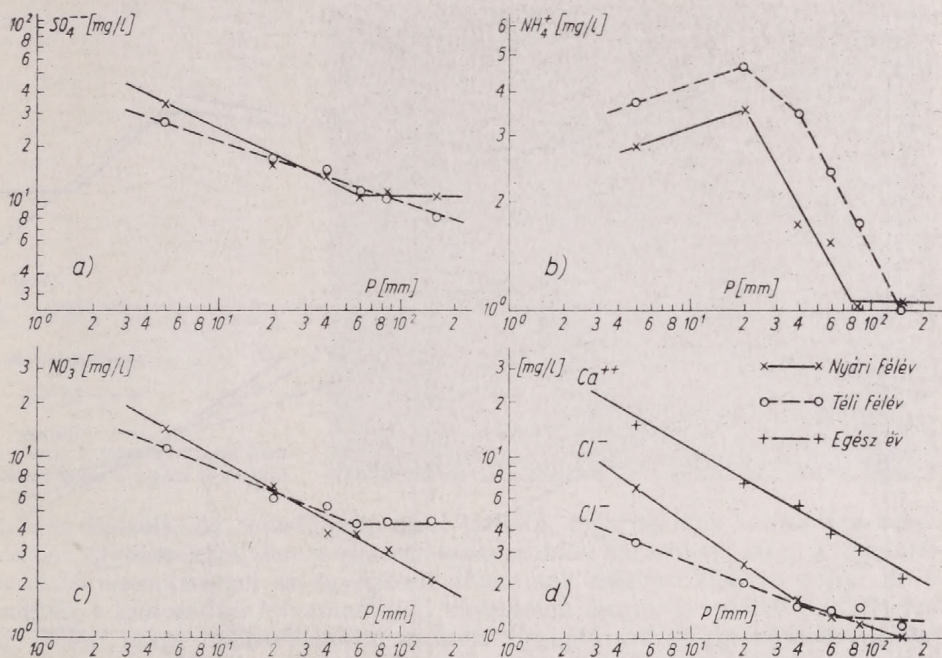
## II. TÁBLÁZAT

*Az aeroszol-részecskék és nyomgázok kimozdítását meghatározó légszennyeződési, felhőfizikai és egyéb paraméterek a felhőben, illetve a felhő alatt*

	Légszennyeződés		Felhőfizika	Egyéb
	aeroszol	nyom-gáz	aeroszol + gáz	aeroszol + gáz
Felhőben	koncentráció, nagyság szerinti eloszlás, oldódó komponensek mennyisége	koncentráció	felhőelemek koncentrációja és nagyság szerinti eloszlása (víztartalom)	hőmérséklet, légáramlások a felhőben, keveredés a külső levegővel, a felhő vastagsága
Felhő alatt	koncentráció, nagyság szerinti eloszlás, ezek vertikális változása	koncentráció, ennek vertikális eloszlása	csap. elemek koncentrációja és halmazállapota, nagyság szerinti eloszlása, esési sebessége	felhőalap magassága, a felhőalap és a talaj közötti levegő hőmérséklete és nedvessége

milyen szerepet játszottak. Különösen fontos e kérdés megválaszolása, ha különböző évekre vonatkozó középértékekkel dolgozunk. Az egyes állomások különböző évekre vonatkozó középértékeinek eltéréseit ugyanis jelentős mértékben csapadékklimatológiai változások okozzák.

E hatások kiküszöbölése céljából először röviden vegyük sorra azokat a paramétereket, amelyek a csapadékvíz kémiai összetételét kialakítják (részletebben lásd: *Junge, 1963; Georgii, 1965*). A felhőcseppek kondenzációs magvakon képződnek. A kialakuló felhőcseppek száma és nagysága az aktív magvak koncentrációjának és fizikai-kémiai természetének függvénye. Adott feláramlási



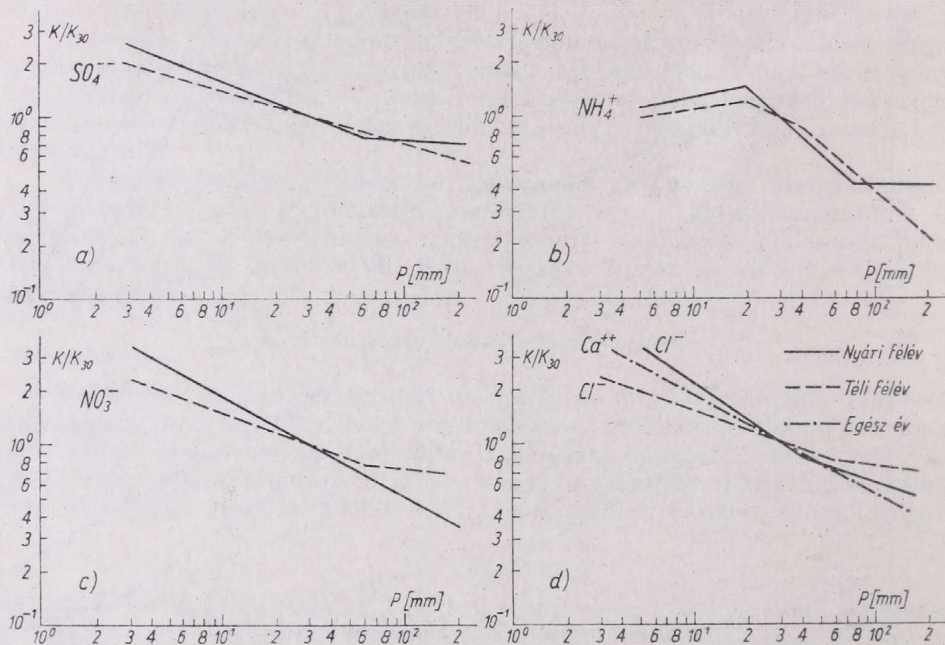
1. ábra: Összefüggés az egyes ionok koncentrációja (mg/l) és havi csapadékmennyiség (P) között

sebesség esetén, ha az aktív magvak száma nagy (pl. a felhő széleinél a külső levegővel való keveredés miatt), sok kicsi, ellenkező esetben kevesebb számú, de nagyobb (hígabb oldatból álló) felhőcsepp keletkezik. Ez a folyamat tehát, makrofizikai paramétereket nem tekintve, csak a felhő keletkezési szintjében levő aeroszol-részecskék tulajdonságaitól függ. A kondenzációs magvakon kívül aeroszol-részecskék elsősorban *Brown*-féle mozgásuk miatt kerülhetnek a felhőelemekbe (koaguláció). A koaguláció, mely már a felhőcseppek koncentrációjától és nagyságától is függ, különösen a felhő széleinél jelentős, ahol a felhő környezetével keveredik. A párolgás miatt itt a víztartalom is kisebb, így a felhővíz töményebb oldatot képez, mint a felhő belsejében.

A felhőben a jelenlevő nyom-gázok abszorpciója is azonnal megindul. Ez a folyamat az illető nyom-gáz koncentrációjától (parciális nyomásától), a hőmérséklettől, illetve a felhőelemek nagyságától és koncentrációjától függ. Minél kisebbek a felhőcseppek, illetve jégkristályok (felhő széle, téli réteg-felhők) relatív felületük annál nagyobb, azaz annál töményebbé válnak.

A felhőben lejátszódó összes, nem a légszennyeződéstől függő folyamat végeredményben arra vezet, hogy a felhő nagyobb víztartalmú részeiben, illetve nagyobb víztartalmú felhőkben a víz kevesebb szennyezőanyagot tartalmaz. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy adott szennyeződési szint esetén, a nagyobb intenzitású csapadékot adó felhőkből hígabb oldatból álló csapadékelemek hullnak ki. Így a talajon az intenzitás és a koncentráció között fordított összefüggés mutatható ki, mint azt hazai méréseink is igazolják (Mészáros, 1968).

A felhőalap alatt a csapadékelemek esésük folyamán további aeroszol-



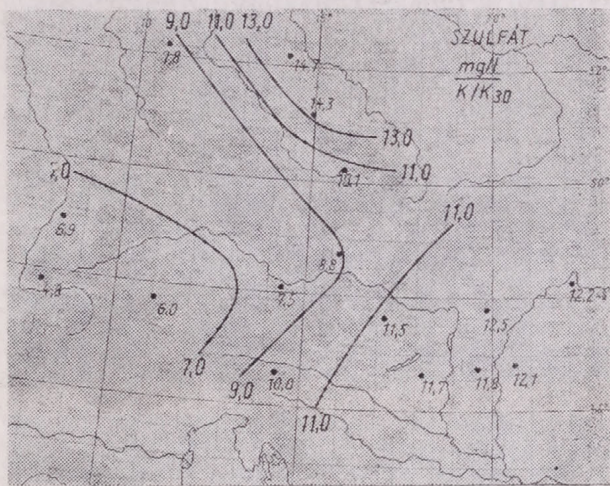
2. ábra: A  $K/K_{30}$  korrekciós tényező függése a csapadék mennyiségétől ( $P$ ) különböző komponensek esetén

részecskéket fognak el, illetve, ha telítetlen a levegő, párologni kezdenek. A gravitációs koaguláció az esőcseppek vagy hókristályok koncentrációján, nagyságán és esési sebességén kívül az aeroszol-részecskék karakterisztikáinak függvénye (II. táblázat). Egyszerű matematikai eszközökkel kimutatható (Junge, 1963; Georgii, 1965), hogy a csapadékelemek felhő alatti aeroszol-felvétele a csapadék mennyiségével fordítottan arányos. Hasonló a helyzet a nyom-gázok abszorpciójával is. Ha kis esési sebességű (kis cseppek, hókristályok), kis intenzitású csapadékról van szó, akkor a víz tömegegységére vonatkozó abszorpció mértéke sokkal jelentősebb. A felhő alatt lejátszódó folyamatok természetesen a felhőalap magasságától is függenek. Minél magasabb a felhőalap, annál nagyobb a koaguláció és abszorpció, illetve a párolgás valószínűsége. Magasabb alapú, kisebb csapadékú felhők tehát a talajon töményebb oldatot eredményeznek.

Láthatjuk tehát, hogy a talajon mérhető vízkoncentrációk a csapadék intenzitásával, illetve mennyiségével fordított összefüggésben vannak. Két,

vagy több állomás havi csapadékkémiai adatainak összehasonlításakor fellépő nehézségeket (azaz a légszennyeződéstől független paraméterek hatását) első közelítésben úgy küszöbölhetjük ki, ha a koncentrációkat valamilyen módon azonos csapadékmennyiségekre vonatkoztatjuk. Ezzel a módszerrel elérhető, hogy a javított értékeket elsősorban az alsó troposzférában levő szennyezőanyagok mennyisége határozza meg.

A fentieket figyelembe véve megállapítottuk a különböző ionok koncentrációja és a havi csapadékmennyiség közötti átlagos összefüggést (1. ábra). Az ábra a nyolc magyarországi csapadékkémiai állomás háromévi adatsora



3. ábra: A szulfát-ionok koncentrációja a nyári félévben

alapján készült. Az összefüggés, mint látható, logaritmusos koordináta-rendszerben egyenesekkel, illetve egyenes-szakaszokkal közelíthető meg. A nagyobb csapadékmennyiségnél az egyenesek dőlése sok esetben kisebbé válik. Ez a jelenség a kimosódási folyamatokkal kielégítően megmagyarázható, mint arra egy előző, napi mintavételeken alapuló hasonló jellegű munkánkban már rámutattunk (Mészáros, 1965). Az ammónium-ionoknál a kisebb csapadékmennyiségek esetén fellépő – az elvi megfontolásokkal ellentétes – csökkenést sajnos nem tudjuk értelmezni.

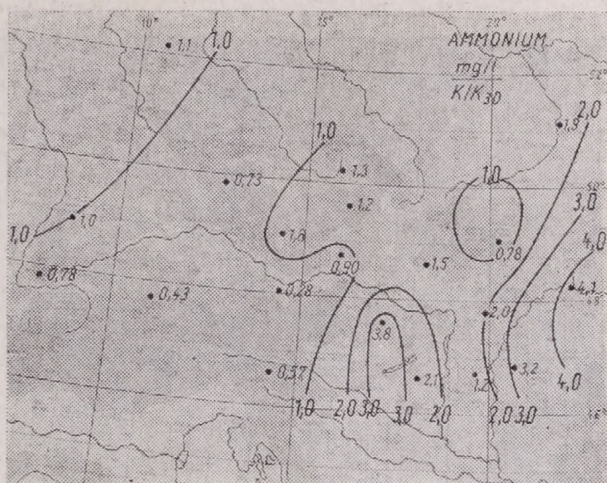
Az adatok korrekciójakor az 1. ábrából indultunk ki. Adott havi csapadékmennyiségekhez meghatároztuk a hozzájuk tartozó ( $K$ ) és a 30 mm-re vonatkozó ( $K_{30}$ ) koncentráció arányát. A kapott  $K/K_{30}$  értékeket a 2. ábra mutatja be. Az arányszámokat minden ionra, kivéve a kalciumot, mindkét félévre a csapadékmennyiség függvényében rajzoltuk fel. A téli és a nyári félévre vonatkozó átlagos koncentrációértékeket a 2. ábra alapján, az átlagos havi csapadékmennyiségeknek megfelelően, 30 mm-re vonatkoztattuk. A javítást természetesen nem csak a magyarországi, hanem az összes többi állomásra is elvégeztük. A koncentráció-értékeket az összes ábrán  $mg/l$  egységekben tüntettük fel.

#### 4. Területi eloszlások

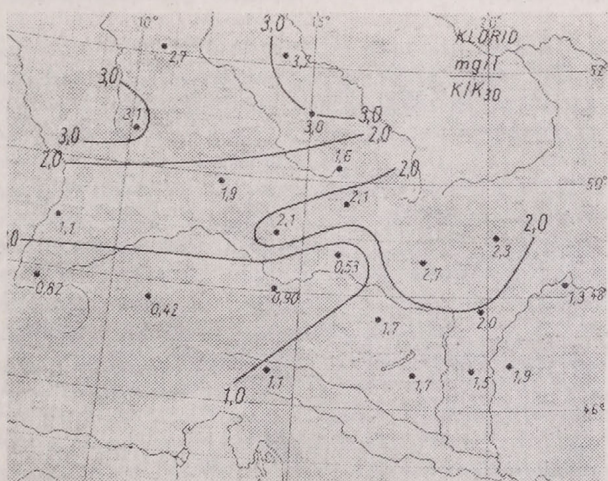
A csapadékvíz kémiai összetételének (kén és klorid) területi eloszlását Európa nyugati és északi területe felett deBary és Junge (1963), míg a Szovjetunió európai területein Drozdova et. al. (1964) tanulmányozta (ezek a szerzők az



hatásokat mutatnak (maximális értékek a Szovjetunió európai részének déli és középső területei felett). A Közép-Európára vonatkozó nyári eloszlás szintén értelmezhető ipari, illetve általában antropogén forrásokkal. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a Magyarországra vonatkozó részletesebb vizsgálataink kimutatták (Kozák és Mészáros, 1971), hogy, elsősorban a nyári félévben,



6. ábra: Az ammónium-ionok koncentrációja a téli félévben

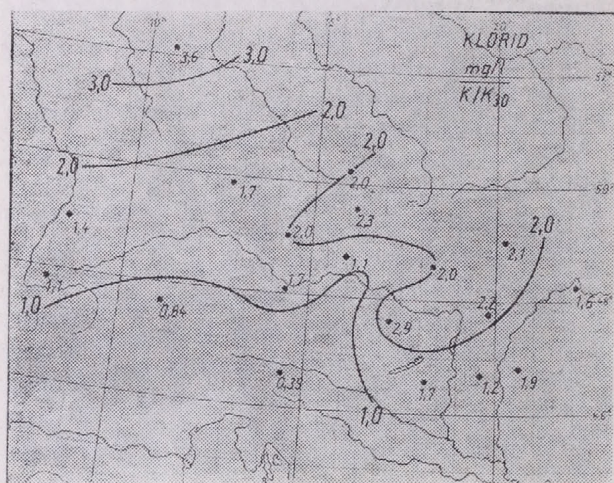


7. ábra: A klorid-ionok koncentrációja a nyári félévben

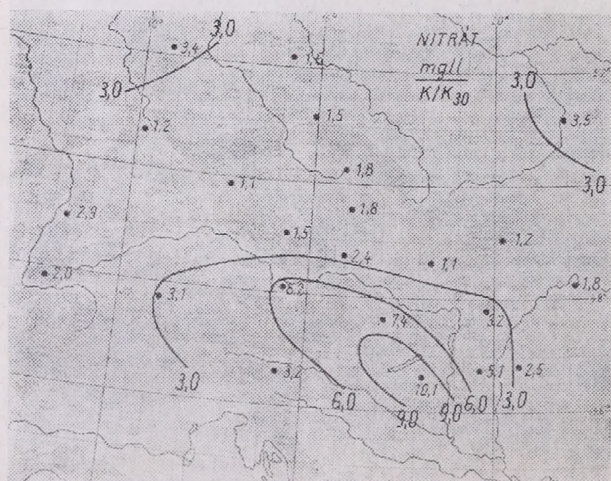
kisebb mértékben természetes talajforrásokkal is számolnunk kell (talaj eredetű kén-hidrogén, illetve szulfát). A téli szulfát-eloszlást az állomások még kisebb száma miatt nem mutatjuk be.

A 4. ábrán a kalcium-ionok évi középértékeinek területi eloszlását tüntettük fel. Az ábra huszonhárom állomás adatai alapján készült. A két félévre való szétválasztás azért nem volt lehetséges, mivel a csehszlovák mérések ez esetben csak 1958. VI–XII. hó között folytak. A nyári félévre vonatkozó keletnémet adatokat, mint évi középértékeket fogadtuk el. Az ábrából látható, hogy a kalcium-ionok területi eloszlása különbözik a szulfát-ionokétól. A nyugatról

kelet felé történő koncentráció-növekedés ugyanis Ausztria keleti, illetve Magyarország nyugati vidékein (maximális értékek) megszűnik. A délnyugat-északkelet irányú növekedés továbbá csak a Cseh-medencében kezdődik. Az elsősorban antropogén szulfát eloszlását is figyelembe véve valószínű, hogy a kalcium mennyiségének megfigyelt maximumát természetes talajforrásokkal kell értelmeznünk.



8. ábra: A klorid-ionok koncentrációja a téli félévben

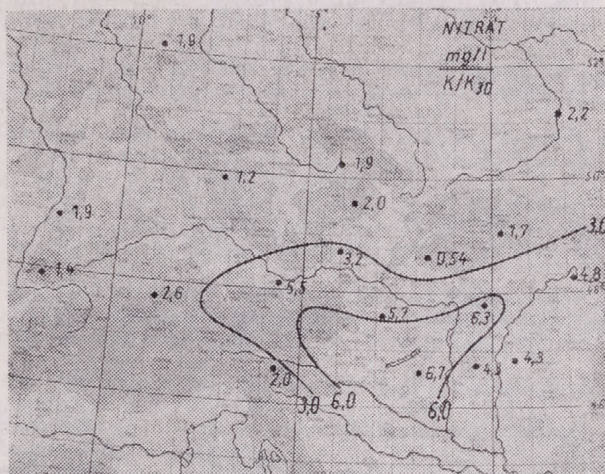


9. ábra: A nitrát-ionok koncentrációja a nyári félévben

Az 5. ábrából látható (23 állomás alapján), hogy az ammónium-ionok területi eloszlása a nyári félévben a szulfát eloszlásához hasonlít. Ha a 6. ábrán (20 állomás) látható téli eloszlást is figyelembe vesszük, kitűnik, hogy az állomások többségében a nyári félév közepes koncentrációi magasabbak. Ez egyértelműen természetes forrásokra utal (különösen sok alkáliát tartalmazó talajok). A téli eloszlás bonyolultsága azt teszi valószínűvé, hogy a természetes források kialakította képet antropogén, feltehetően ipari hatások télen bonyo-

lultabbá teszik. Az ipari tevékenység okozta ammónia-többlet ugyanis stabilisabb légköri feltételek mellett a talajközeli légrétegekben halmozódik fel.

A 7. ábra a klorid-ionok területi eloszlását a nyári (22 állomás), míg a 8. ábra a téli félévre vonatkozóan (19 állomás) mutatja be. Földi méretekben a tengerek és óceánok felszíne a leglényegesebb légköri forrás. A Cseh-medencétől északnyugati irányban megfigyelhető növekedés valóban maritim hatásra



10. ábra: A nitrát-ionok koncentrációja a téli félévben

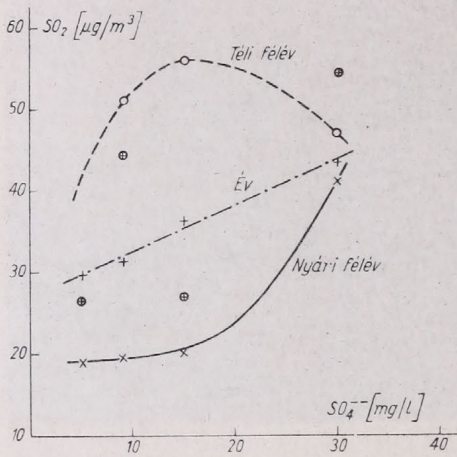
utal. A kelet, északkelet irányú koncentráció-növekedés azonban csak kontinentális forrásokkal magyarázható. A Földközi-tenger hatása, úgy tűnik, Közép-Európában nem érvényesül. A tizenkilenc, téli adatot is tartalmazó állomás közül tizenkettő esetében télen nagyobb a koncentráció. A szárazföldi forrás tehát részben ipari (klorid, klórgáz, sósav) is lehet.

Végül a nitrát-ionok nyári (9. ábra, 23 állomás alapján) és téli (10. ábra, 20 állomás) területi eloszlását tárgyaljuk, amely az eddigi eloszlásokkal ellentétes képet mutat. A maximális koncentrációkat Ausztria keleti és Magyarország nyugati területein kaptuk. Ismeretes, hogy az ipari, általában emberi tevékenység nagy mennyiségű különböző nitrogén-oxidot juttat a levegőbe. A maximum helye azonban nem a szulfát-, hanem a részben talajeredetű kalcium-ionok koncentrációjának maximumával esik egybe. Ráadásul ezeken az állomásokon nyáron magasabbak a koncentrációk. Mindez arra mutat, hogy valamilyen, elsősorban nyáron működő forrás(ok) elnyomja az ipari tevékenység hatását. Ilyen természetes forrás lehet a talajfelszín (pl. szerves anyagok bomlása), de az is elképzelhető, hogy a Dunántúl és az Alpok térségében erős zivatar-tevékenység is fontos szerepet játszik. A villámkisülések alkalmával ugyanis a levegőben nitrogén-oxidok képződhetnek, amelyek a felhő- és csapadékvízben nitráttá alakulnak. Ezen hatások végleges megbeszélése azonban további kutatásokat igényel.

##### 5. Összefüggés a csapadéokban és a levegőben levő koncentrációk között

Jelen tanulmányban a háttér-szennyeződés területi eloszlását csapadékkémiai adatokkal határoztuk meg. Jogosan felmerülhet az az igény, hogy ezeket az adatokat légköri koncentrációkká alakítsuk át. Ez viszont csak akkor lehet-

séges, ha a csapadéokban, illetve a levegőben levő koncentrációk között meghatározott összefüggés van. A 3. részben vázolt okok miatt azonban ez kevésbé tűnik valószínűnek. Ennek ellenére négy osztrák (Bécs, Klagenfurt, Linz, Retz) és egy nyugatnémet állomás (Hohenpeissenberg) 1967–68-as havi adatai alapján összefüggést kerestünk egyes komponensek csapadéokban, illetve a talajközeli levegőben mért koncentrációja között. Ezek az állomások a már említett svéd hálózatban működnek, amelynek keretében nem csak a csapadék, hanem a levegő szennyezettségét is méri.



11. ábra: Összefüggés a csapadékvízben mért szulfát, illetve a levegőben mért kén-dioxid koncentrációja között. A görbét korrigált szulfát-adatak alapján húztuk ki, míg a jelek korrigálatlan adatokkal kapott értékeket jelentenek

A feldolgozás eredménye általában negatív volt. A 11. ábra a kénre vonatkozó eredményeket mutatja be, amelyekben többé-kevésbé tükröződik a várt törvényszerűség. A levegőben mért kén-értékeket kén-dioxiddá számoltuk át, mivel szennyezettebb kontinentális levegőben a kén-hidrogén és a szulfát-aeroszol a kén-dioxidhoz képest kis koncentrációban fordul elő. Az abszorbeált kén-dioxid a felhő- és csapadékvízben szulfáttá alakul át. A levegőben mért koncentrációkat négy csapadék-koncentráció intervallumban dolgoztuk fel. A havi csapadékatokat a 3. ábra alapján előzetesen korrigáltuk. Az ábrán azonban a korrigálatlan adatok szerinti feldolgozás eredményeit is közöljük. Látható, hogy ez utóbbi sokkal rosszabb eredményeket adott, mint a javított értékek szerinti feldolgozás. Ez a tény is közvetve a tanulmányban bemutatott korrekció alkalmazásának helyességét látszik bizonyítani. Az ábrából az is kitűnik, hogy a nyári félévben Magyarország háttérvidékein megfigyelt 11–12 mg/l-es csapadék-koncentrációknak kb. 20 µg/m<sup>3</sup>-es kén-dioxid koncentráció felel meg. Ez az érték jó egyezésben van Várkonyi (1971) közvetlen megfigyeléseivel.

A 11. ábrán látható téli és nyári görbe különbségeit, illetve a téli görbe menetét igen nehéz lenne megmagyarázni. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy ezek a problémák nem azt bizonyítják, hogy a háttér-szennyeződés csapadékkémiai mérésekkel nem határozható meg. Csupán azt mutatják, hogy közvetlenül a talajközeli levegőben mért koncentrációk nincsenek szoros kapcsolatban a csapadékvízben megfigyelt értékekkel. A 11. táblázat áttekintése világossá teszi, hogy a csapadékkémiai adatok sokkal kiterjedtebb légrétegre vonatkoznak, illetve a levegő szennyeződését sokkal komplexebb módon tükrözik, mint a talajközeli levegőben végzett mérések.

- Chojnacki, A. és Kac-Kacas, M. 1963: Content of some nutrition components in Poland in the Pulawy region. *Tellus* 15, 202—203.
- deBary, E. és Junge, C. 1963: Distribution of sulfur and chlorine over Europe. *Tellus* 15, 370—381.
- Drozdova, V. M., Petrencuk, O. P., Szeleznyova, E. Sz. és Szvisztov, P. F. 1964: *Khimicse-szkij szosztav atmoszfernykh ozadkov na Evropejszkoj tyerritorii SzSzSzR*. Hidrometeoizdat, Leningrád.
- Egnér, H. és Eriksson, E. 1955: Current data on the chemical composition of air and precipitation. *Tellus* 7, 134—139, valamint a *Tellus* későbbi számaiban közölt táblázatok.
- Georgii, H. — W. 1965: Untersuchungen über Ausregnen und Auswaschen atmosphärischer Spurenstoffe durch Wolken und Niederschlag. *Berichte des Deutschen Wetterd.* 14 N° 100.
- Junge, C. E., 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.
- Kozák M. és Mészáros E. 1971: Magyarországi csapadékvizek kémiai összetétele és mezőgazdasági jelentősége. *Agrokémia és Talajtan* 20, 329—352.
- Macků, M., Podzimek, J. és Šrámek, L. 1959: Results of chemical analyses of precipitation collected on territory of Czechoslovak Republic in IGY. *Geofys. Sborník* 124, 441—519.
- Mészáros E. 1965: Összefüggés a csapadékvíz mennyisége és kémiai összetétele között. *Időjárás* 69, 257—262.
- Mészáros E. 1968: A csapadékvíz kémiai összetételének változása a csapadék hullása folyamán. A VEIKI 10580/1968/KZ megbízása alapján készített tan. Kézirat. Budapest.
- Mrose, H. 1961: Ergebnisse von Spurenstoff-Bestimmungen in Niederschlag. *Z. für Meteorol.*, 15, 46—54.
- Podzimek, J., Šrámek, L. és Volfová, E. 1963: Chemical analyses of precipitation collected around Hradec Králové. *Geofys. Sborník* 195, 493—520.
- Várkonyi T. 1971: A regionális kéndioxid-szennyeződés és háttérkoncentráció mérése Magyarországon. *Energia és Atomtechnika* 24, 411—419.
- World Meteorological Organization, 1971: *Operation manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation*. WMO- No. 299, Geneva.

# Влияние резкого изменения подстилающей поверхности на вертикальные движения и облачность\*

В. ШАРОВ, Гидрометеорологическая Служба НРБ, София

*A talajfelszín hirtelen változásának hatása a függőleges mozgásokra és a felhőzetre.*  
A tanulmányban a szerző azt a hatást vizsgálja, amelyet a parti zóna talajfelszínének hirtelen változása vált ki a függőleges mozgások keletkezésében. Olyan lineáris modellt javasol, amelyben a vertikális turbulens kicserélődés koefficiense, mint a koordináták függvénye, már előzetesen megadott. Az így kapott összefüggések aránylag egyszerűek, leírják az ún. „parti effektust” mind a partvonalra merőleges, mind a partvonallal párhuzamos geostrofikus szélre vonatkozóan.

\*

*Influence of Sharp Differences in Surface Roughness on Vertical Flow and Cloudiness.*  
This is an investigation of the effect of an abrupt change in the state of surface in a coast-line area on the development of vertical motions. A linear model is proposed, in which the coefficient of vertical turbulent exchange as a function of the co-ordinates is an a priori given quantity. The relations obtained in this way are rather simple ones, and they are describing the so-called shore-effect for geostrophical winds perpendicular, as well as parallel to the shore-line.

\*

О влиянии смены подстилающей поверхности в зоне береговой линии на вертикальные движения и связанные с ними облачность и осадки было известно еще до появления метеорологических спутников. Исследования по этому вопросу [5] и [7] показывают, что для наблюдения «береговых максимумов» в распределении осадков вполне достаточно даже песчаные дюны Нидерландского побережья. С появлением метеорологических спутников этот эффект стал вполне обозримым и может наблюдаться на телевизионных снимках облачности [6] как скопление кучевых облаков в виде полос, расположенных параллельно береговой линии.

Несмотря на большой практический интерес, до скорого времени эффекты, которые объясняются сменой подстилающей поверхности в зоне береговой линии рассматривались, главным образом, качественно — например в [5] и [6] — по схеме, которая в сущности, сделана по классическому представлению Гульдберга и Монна. В последнее время интерес к изучению трансформации профиля ветра под влиянием смены подстилающей поверхности значительно повысился, о чем свидетельствует ряд работ [2], [3], [8], [10], [12], [13], [14] и [17], в которых можно найти весьма детальное и углубленное исследование этой проблемы. Не будет лишним припомнить, что сейчас пока исследования без исключения рассматривают случай, когда ветер дует перпендикулярно линии, по которой происходит смена подстилающей поверхности — у нас береговая линия.

Задача, поставленная нами в настоящей работе скорее иллюстративная, чем исследовательская. Поэтому мы стремимся, прежде всего, к простоте и наглядности в постановке и конечных результатах, что, естественно, сопровождается дефектом в рассмотрении. Одним из наиболее существенных в этом отношении является пренебрежение нели-

\* Доклад на Международном Симпозиуме по Космической Метеорологии (4-6 мая 1972 г. Будапешт)

нейными эффектами. Все же полученные конечные результаты нам позволяют считать, что в настоящем исследовании учли весьма много из самого существенного.

1. Рассмотрим стационарное движение несжимаемого воздуха. В таком случае уравнения движения и уравнение неразрывности будут иметь вид:

$$\frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial u}{\partial z} + l(v - v_g) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial v}{\partial z} - l(u - u_g) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

где  $u$  и  $v$  соответственно компоненты ветра по осям  $Ox$  и  $Oy$ ;  $u_g$  и  $v_g$  — геострофические компоненты ветра;  $w$  — вертикальная скорость

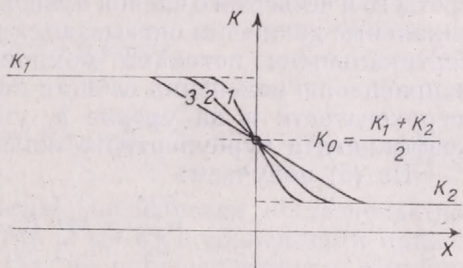


Рис. 1. Изменение  $K(x)$  в зоне береговой линии. С изменением  $m$  переход становится более резким.

по оси  $Oz$ ;  $l$  — параметр Кориолиса, который из-за масштаба явления считаем постоянным;  $K(x, y, z)$  — коэффициент турбулентного обмена, который предполагаем функцией координат.

Из уравнений движения (1) и (2) и учитывая (3), получаем легко:

$$\frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{l} \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} - \frac{1}{l} \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial K}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial K}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (4)$$

где  $\Omega_z$  — вертикальный компонент вихря скорости.

Как известно, например из [4], коэффициент турбулентного обмена зависит от вида подстилающей поверхности. Так, если внутри над сушей и морем он изменяется сравнительно мало в горизонтальном направлении и имеет почти постоянную величину —  $K_1$  над сушей и  $K_2$  над водной поверхностью, приняв началом координатной системы береговую линию, а ось  $Ox$  ориентируя перпендикулярно к ней, то можем использовать следующую аппроксимацию:

$$K(x) = \frac{K_1 + K_2 \cdot e^{m_2 x}}{1 + e^{m_2 x}} \quad (5)$$

которая графически представлена на рис. 1, где даны изменения  $K(x)$  при различных величинах  $m$ , причем  $m_1 > m_2 > m_3$ . Очевидно, величина

коэффициента  $m$  определяет резкость перехода в смене подстилающей поверхности.

Если будем интегрировать (4) по  $z$  с земной шероховатости  $z_0$  до какого-то уровня  $z=h$  и учитывая (5), получим:

$$w_h - w_0 = -\frac{1}{l} \left[ \left( K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} \right)_h - \left( K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} \right)_0 + \left( \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right)_h - \left( \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right)_0 \right] \quad (6)$$

Первые два члена правой стороны (6) показывают, что связанные с ними вертикальные движения пропорциональны разнице между вертикальными турбулентными потоками вихря на уровне шероховатости и на уровне  $h$ , т. е. интегрального потока вихря в слое от  $z_0$  до  $h$ . Если уровень  $h$  достаточно высок, то, как отмечается в [4], вследствие быстрого

уменьшения напряжения трения с высотой  $\left( K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} \right)_h$  сравнительно

мал по отношению с  $\left( K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} \right)_0$  и может быть отброшен. Что касается третьего и четвертого членов правой стороны (6), связанные с ними вертикальные движения оказываются пропорциональными разнице между вертикальными потоками компонента скорости, перпендикулярной направлению изменения свойств подстилающей поверхности на уровне шероховатости и на уровне  $h$ , умноженные на величину изменения коэффициента турбулентного обмена.

Из (5) получаем:

$$\frac{\partial K}{\partial x} = m \left[ K_2 - K_1 \right] \frac{e^{mx}}{(1+e^{mx})^2} \quad (7)$$

откуда при  $x = 0$

$$\left[ \frac{\partial K}{\partial x} \right]_{x=0} = \frac{m}{4} \left[ K_2 - K_1 \right] \quad (8)$$

Легко проверить, что это — экстремная величина и соответственно при  $x \rightarrow \infty$  или  $x \rightarrow -\infty$ ,  $\partial K / \partial x \rightarrow 0$ . В таком случае в силе неравенство

$$\left| \frac{m}{4} (K_2 - K_1) \frac{\partial v}{\partial z} \right| \geq \left| \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right|$$

Так что и в этом случае для уровня  $h$ , вследствие быстрого уменьшения турбулентного трения с высотой, как и для первых двух членов в (6),  $\left( \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right)_h$  можно пренебречь по отношению  $\left( \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right)_0$ . Следовательно, учитывая еще, что  $w_0 = 0$ , из (6) получаем:

$$W_h = \frac{1}{l} \left( K \frac{\partial \Omega_z}{\partial z} + \frac{\partial K}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right)_0 \quad (9)$$

2. При пренебрежении нелинейными эффектами, правая сторона (9) может быть преобразована, принимая логарифмический профиль ветра. При этом необходимо считать, что  $z_0$  имеет одну величину над сушей и другую над поверхностью воды. В таком случае

$$u = u_g \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}}, \quad v = v_1 \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}} \quad (10)$$

В свою очередь составляющие  $u_1$  и  $v_1$  ветра на единичном уровне  $z_1$  в приземном подслое можно выразить посредством составляющих геострофического ветра по формулам

$$\begin{aligned} u_1 &= \lambda(u_g \cos \beta - v_g \sin \beta) \\ v_1 &= \lambda(v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\beta$  — угол отклонения приземного ветра от геострофического, а

$\lambda = \frac{V_1}{V_g}$  отношение между скоростью ветра на уровне  $z_1$  и геострофическим ветром, которое по оценкам, данным в [4], является величиной порядка 0,2—0,6. Замещая (11) в (10) и вычисляя, соответственно получаем:

$$V = \frac{\lambda u \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}} (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \quad (12)$$

$$\Omega_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = \lambda \Omega_g \cos \beta \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}} \quad (13)$$

При этом, мы при дифференцировании перенебрегли обстоятельство, что фактически  $z_0$ ,  $\lambda$  и  $\beta$  зависит от  $x$ . Учет этой зависимости привел бы к появлению новых членов в (13), но порядок которых слишком мал по сравнению с остальными членами.

Считая, что горизонтальный барический градиент, соответственно геострофический ветер, не изменяется с изменением высоты, из (12) и (13) получаем соответственно

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\lambda}{z \ln \frac{z_1}{z_0}} (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \quad (14)$$

$$\frac{\partial \Omega_z}{\partial z} = \frac{\lambda \Omega_g \cos \beta}{z \ln \frac{z_1}{z_0}} \quad (15)$$

Учитывая, что в приземном подслое коэффициент турбулентного обмена дается в виде:

$$K = K^1 z \quad (16)$$

где  $K^1$  — величина на единичном уровне, из (5) и (7) получаем

$$K = \frac{K_1^1 + K_2^1 e^{mx}}{1 + e^{mx}} \cdot z \quad (17)$$

$$\frac{\partial K}{\partial x} = \frac{\partial K^1}{\partial x} z = m(K_2^1 - K_1^1) \cdot \frac{e^{mx}}{(1 + e^{mx})^2} \cdot z \quad (18)$$

Чтобы выразить вертикальную скорость, замещаем из (14), (15), (17) и (18) в (9). Тогда

$$w_h(x) = \frac{\lambda}{l \ln \frac{z_1}{z_0}} \left[ \frac{K_1^1 + K_2^1 e^{mx}}{1 + e^{mx}} \Omega_g \cos \beta - \frac{m(K_2^1 - K_1^1) e^{mx}}{(1 + e^{mx})^2} (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \right] \quad (19)$$

откуда при  $x = 0$  будем иметь

$$w_h(0) = \frac{\lambda}{l \ln \frac{z_1}{z_0}} \left[ \frac{K_1^1 + K_2^1}{2} \Omega_g \cos \beta + \frac{m}{4} (K_2^1 - K_1^1) (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \right] \quad (20)$$

Из (20) сразу видно, что существенную роль при вертикальном движении в приземном слое, в сущности, играет коэффициент турбулентного обмена для единичного уровня  $K^1$ . Также, если  $K_1^1 - K_2^1$ , т. е. нет разницы в подстилающей поверхности, получаем

$$w_h = \frac{\lambda K^1}{l \ln \frac{z_1}{z_0}} \Omega_g \cos \beta \quad (21)$$

— формула известна из курсов по динамической метеорологии, например [4]. Из (21) видно, что при положительном вихре наблюдаются восходящие движения, а при отрицательном наоборот, независимо от всего остального. Вторым членом правой стороны (20) является именно тот, который имеет существенное значение для учета влияния разницы в подстилающей поверхности.

Если рассмотрим барическое поле у земли с прямолинейными и эквидистантно расположенными изобарами, т. е.  $\Omega_g = 0$ , тогда из (19) и (20) получаем:

$$w_h(x) = \frac{\lambda m}{l \ln \frac{z_1}{z_0}} \frac{(K_2^1 - K_1^1) e^{mx}}{(1 + e^{mx})^2} (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \quad (22)$$

и (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29)

$$w_h(0) = \frac{\lambda m}{4l \ln \frac{z_1}{z_0}} (K_2^1 - K_1^1) (v_g \cos \beta + u_g \sin \beta) \quad (23)$$

Это общие выражения, которые описывают береговой эффект. Из них могут быть получены два граничных случая: когда геострофический ветер дует перпендикулярно береговой линии и когда параллельно ей.

3. В случае, когда геострофический ветер направлен перпендикулярно береговой линии  $v_g = 0$  и из (23) следует

$$w_h(0) = \frac{\lambda m \sin \beta}{4l \ln \frac{z_1}{z_0}} (K_2^1 - K_1^1) u_g \quad (24)$$

В зависимости от направления,  $u_g$  может дуть с моря на сушу или наоборот. Имея в виду, что  $K_1^1$  и  $K_2^1$  номеруются по направлению оси  $Ox$  и еще, что  $K_1^1 > K_2^1$ , то при  $u_g < 0$  геострофический ветер дует с суши на море и  $w_h < 0$ . Наоборот, когда  $u_g > 0$  геострофический ветер дует с моря на сушу и  $w_h > 0$

При другом граничном случае, когда геострофический ветер направлен параллельно береговой линии  $u_g = 0$  и из (23) следует:

$$w_h(0) = \frac{\lambda m \cos \beta}{4l \ln \frac{z_1}{z_0}} (K_2^1 - K_1^1) v_g \quad (25)$$

В этом случае также имеется две возможности: когда низкое давление над сушей т. е. когда суша остается влево от направления ветра (в северном полушарии — в южном наоборот) и когда суша находится вправо от направления ветра. В первом случае и имея в виду, что  $K'_1 > K'_2$  следует, что  $w_h < 0$ . Во втором случае  $v_g < 0$  так что  $w_h > 0$ .

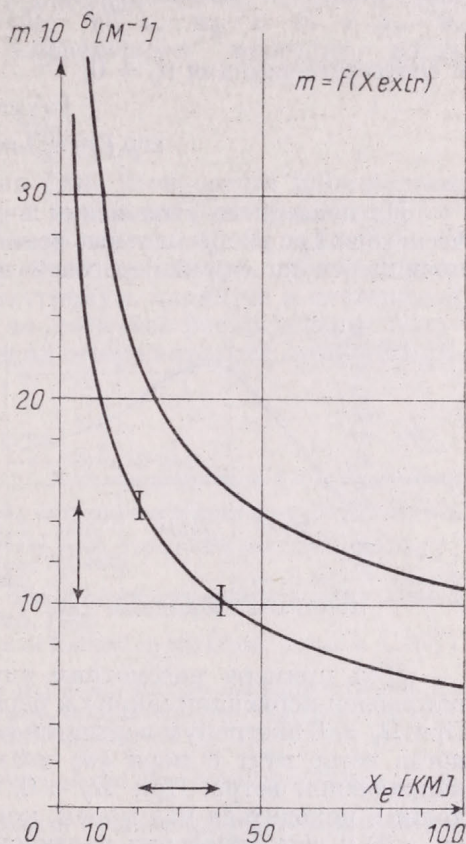


Рис. 2. Зависимость расстояния от береговой линии  $x_e$ , на которое наблюдается экстремум вертикальной скорости, от величины  $m$ ; нижняя кривая — при параллельном, а верхняя кривая — при перпендикулярном береговой линии геострофическом ветре.

Как указывается в [4], обычно  $\beta \approx 22^\circ$ , так что в одинаковых других условиях, ветер, направленный перпендикулярно к береговой линии, приведет к меньшему эффекту, чем направленный параллельно ей.

4. Из эмпирических данных, изложенных например в [1] и [2] известно, что береговой эффект обычно приводит к увеличению на 20—40% количества выпавших осадков в полосе между 20 и 40 км от береговой линии над сушей. Этот же береговой эффект констатируется и в отношении облачных полос на спутниковых снимках [6]. Имея в виду тесную связь между вертикальной скоростью и облачностью и осадками, мы должны попытаться найти подобную картину и в распределении  $w_h(x)$ . Чтобы определить положение экстремума вертикальной скорости по отношению береговой линии будем дифференцировать (19) относительно  $x$  и приравняем к нулю. Так получаем

$$\exp (m x_g) = \frac{m(u_g \cdot \operatorname{tg} \beta + v_g) \Omega_g}{m(u_g \cdot \operatorname{tg} \beta + v_g) - \Omega_g} \quad (26)$$

Откуда для частного случая  $v_g = 0$ , имеем

$$\exp (m x_g) = \frac{m u_g \cdot \operatorname{tg} \theta + \Omega_g}{m u_g \cdot \operatorname{tg} \theta - \Omega_g} \quad (27)$$

и соответственно для  $u_g = 0$ ,

$$\exp (m x_g) = \frac{m v_g + \Omega_g}{m v_g - \Omega_g} \quad (28)$$

Из последнего выражения видно, что при отсутствии геострофического вихря экстремальные величины вертикальной скорости должны появляться на самой береговой линии.

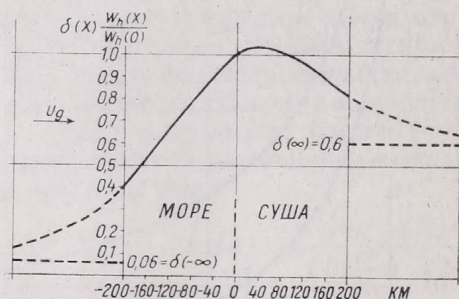


Рис. 3. Распределение относительной вертикальной скорости при параллельном берегу геострофическом ветре, которой дует так, что суша остается вправо.

Для примера рассмотрим случай, когда геострофический ветер направлен перпендикулярно к береговой линии, т. е. выражение (27). При  $\Omega_g > 0$  экстремум вертикальной скорости должен быть над сушей, когда ветер дует с моря ( $u_g < 0$ ) и над морем при противоположном направлении ветра. При  $\Omega_g < 0$ , экстремум вертикальной скорости должен находиться над морем, когда ветер направлен с моря на сушу ( $u_g < 0$ ) и над сушей при противоположном направлении ветра.

Подобные рассуждения могут быть сделаны и на основе (28), т. е. для случая, когда геострофический ветер направлен параллельно береговой линии.

Как уже говорилось, резкость перехода при воспринятой нами постановке характеризуется величиной коэффициента  $m$ . Представляет интерес определить эмпирическим путем эту величину, причем для этой цели можем использовать (26), а в отдельных частных случаях (27) или (28).

Согласно таблицам Фридмана и Гессельберга [4] для  $u_g$ ,  $v_g$  и  $\Omega_g$  примем их стандартные величины:  $u_g = v_g = 10$  м/с;  $\Omega_g = 2 \cdot 10^{-5}$  с<sup>-1</sup>. В таком случае из (27) и (28) получаем соответствующие зависимости между  $m$  и  $x_e$  при перпендикулярном и параллельном береговой линии геострофическом ветре, которые представлены на рис. 2. Как видно на графиках, при расположении экстремума вертикальной скорости — при параллельном геострофическом ветре — в зоне между

20—40 км от берега,  $m$  варьирует от  $1,48 \cdot 10^{-5}$  до  $1,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ . Кривая для  $v_g = 0$ , полученная при  $\text{tg} 22^\circ \approx 0,4$ , показывает, что при одной и той же резкости в переходе и величине геострофического ветра и вихря, при параллельном потоке экстремума менее отдален от берега, чем при перпендикулярном потоке.

На рис. 3 дано распределение вертикальной скорости при параллельном геострофическом ветре, т. е.  $u_g = 0$ , а  $v_g < 0$ . Для удобства мы рассмотрели безразмерную величину когда

$$\delta(x) = \frac{w_h(x)}{w_h(0)}$$

которая получается, разделив (19) на (20). Вычисления произведены при стандартных величинах  $u_g$  и  $\Omega_g$ , а для остальных величин, которые участвуют, мы приняли следующие значения:  $K_2 = 1$ ,  $K_1 = 10$  и  $m = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ . Видно, что с углублением во внутрь, вертикальная скорость после перехода через один экстремум, клонится к постоянной величине, отличной от нуля. Совсем аналогичное распределение получается и в случае, когда геострофический ветер направлен перпендикулярно береговой линии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алисов, Б. П.,—Дроздов, О. А.—Рубинштейн, Е. С., Курс климатологии, ч. I и II, Гидрометеоздат, Л., 1952.
- [2] Буз, А. И., К вопросу о влиянии береговой линии на воздушные течения и распределение осадков, Сборник по региональной синоптике, № 5, М., 1960.
- [3] Гандин, Л. С., К вопросу о трансформации профиля ветра, Труды ГГО, вып. 33/95, 1952.
- [4] Гандин и др., Основы динамической метеорологии, Л., 1955.
- [5] Петерсен, С., Анализ и прогноз погоды, Л., 1961.
- [6] Anderson, R.,—Ferguson, E.—Oliver, V. The Use of Satellite Pictures in Weather Analysis and Forecasting, Technical Note, No: 75, WMO, 1966.
- [7] Bergeron, T., The Problem of Artificial Control of Rainfall on the Globe, Tellus, v. 1, No: 1 and 3, 1949.
- [8] Bradley, E. F., A Micrometeorological Study of Velocity Profiles and Surface Drag in the Region Modified by a Change in Surface Roughness, Quart. Journ. Roy. Met. Soc., v. 94, 1968.
- [9] Dyer, A. J., Discussion on Change of Terrain Roughness and the Wind Profile by H. A. Panofsky and A. A. Townsend, Quart. Journ. Roy. Met. Soc., v. 91, 1965.
- [10] Elliot, W. P., The Growth of the Atmospheric Internal Boundary Layer, Trans. Amer. Geophys. Un., v. 39, 1958.
- [11] Kutzbach, J. E., Investigations of the Modification of Wind Profiles by Artificially Controlled Surface Roughness, Univ. of Wisconsin, Dept. of Met., Annual Report, 1961.
- [12] Nickerson, E. C., Boundary Layer Adjustment as an Initial Value Problem, Journ. of the Atm. Sc., v. 25, No: 2, 1968.
- [13] Panofsky, H. A.—Townsend, A. A., Change of Terrain Roughness and the Wind Profile, Quart. Journ. Roy. Met. Soc., v. 90, No: 384, 1964.
- [14] Taylor, R. J., Small-scale Advection and the Neutral Wind Profile, J. Fluid Mech., v. 13, 1962.
- [15] Townsend, A. A., Self-preserving Flow Inside a Turbulent Boundary Layer, Ibid., v. 22, 1965.
- [16] Townsend, A. A., The Response of a Turbulent Boundary Layer to Abrupt Changes in Surface Conditions, Ibid., v. 22, 1965.
- [17] Townsend, A. A., The Flow in a Turbulent Boundary Layer After a Change in Surface Roughness, Ibid., v. 26, 1966.

BAUR, F.: *Langfristige Witterungsvorhersage. (Hosszúlejáratú előrejelzés)* Wissenschaftliche Verlags. MBM, Stuttgart, 1972. 154 oldal, 39 ábra, 9 táblázat.

A könyv szerzőjét méltán nevezhetjük Európa legidősebb távprognosztikusának: 50 éve foglalkozik a hosszútávú előrejelzések készítésével, a távprognosztikai módszerek kutatásával. Ebben a könyvben összefoglalja eddigi munkásságának kikristályosodott tapasztalatait, korábbi munkáit, amelyek mérföldkövei a modern hosszútávú előrejelzés megalapozásának. A maga szakterületének Baur professzor jelenleg is a legnagyobb alakja az egész világon.

Lényegében ez a mű a szerző szakmában szerzett egyéni tapasztalatainak, élményeinek leírása, s nem tankönyvszerű, a szakterület minden részletére kiterjedő, összefoglaló monográfia. A könyv egyes fejezetei logikusan kapcsolódnak egymáshoz, a szerző kutatásainak időrendjét követik.

Baur professzor az 1920-as években kezdett foglalkozni a hosszúlejáratú előrejelzésekkel. Abban az időben szerte a világon legfeljebb 24 órás prognózisokat készítettek, így Baur a szó igaz értelmében Európában úttörő munkát végzett. Addig csak a laikusok vállalkoztak arra, hogy különböző folyóiratok számára több hónapra szóló „előrejelzéseket” készítsenek. Az érdeklődők hitelt adtak ezeknek a „távprognózisoknak”, bár beválásuk nem haladta meg az 50 %-ot. Szükség volt a távelőrejelzések tudományos megalapozására. Ennek egyik módja a tisztán elméleti módszer kidolgozása. A szerző kételkedik a hidrotermodinamikai előrejelzések lehetőségében. Egyik indoklása az, hogy a mozgásegyenletek nem lineárisak, ezek egzakt matematikai megoldását eddig nem sikerült kidolgozni. Ezért közelítő megoldást alkalmaznak. A közelítéssel elkövetett hiba az előrejelzések érvényességének meghosszabbításával erősen növekszik, így numerikus előrejelzés legfeljebb néhány napra lehetséges. A másik ellenvetése a szerzőnek az, hogy a termodinamika I. főtételének alkalmazásakor hőegyensúlyt tételezünk fel, ez pedig a légkörben több napos időtartamra már nem áll fenn.

Marad a másik út: a tapasztalati módszerek keresése. Ez nem csupán statisztika, hanem átmenet a klimatológia és a szinoptikai analízis között. A legfontosabb elvi kérdés: vajon az időjárási elemek hosszabb sorozatában mutakozó ingadozások véletlenül lépnek fel, vagy valamilyen törvényszerűség szabályozza őket? Az első esetben hosszútávú előrejelzés nem lehetséges. Az első feladat az, hogy megvizsgáljuk mi véletlen és mi nem véletlen az időjárási események sorozatában.

Elsőként erre az alapvető kérdésre keres a szerző megnyugtató választ egzakt matematikai-statisztikai eszközök felhasználásával.

A hőmérséklet, a légnomás és a csapadék sok évtizedes sorozatait megvizsgálva azt kapta, hogy az évi anomáliák előjelének egymásra következésében többször fordul elő megmaradás, mint előjelcsere. Az előjel megmaradására kapott valószínűség jóval meghaladja a véletlen valószínűséget. Ezzel szemben az Atlanti-óceán északi részén a zonális cirkuláció erősségének havi anomáliáiban az előjel megmaradásának valószínűsége kisebb, mint az elméletileg kapott véletlen valószínűség. Az 1—3 hosszúságú iteráció, azaz az első 3 hónapban az előjelek ismétlődése, a vártnál ritkábban fordul elő, az 5. és 6. hónapban a vártnál gyakrabban. Ezért a havi anomáliák terén megmaradási hajlam helyett ismétlődési hajlamról beszélhetünk.

Ezután megvizsgálja azt a kérdést, hogy az északi-félgömb havi átlagos nyomáseloszlása gyakorol-e valamilyen hatást az észak-atlanti cirkuláció erősségének megmaradására illetve megváltoztatására. A vizsgálat eredményeképpen megállapítja, hogy az észak-atlanti légkörzés anomáliája akkor marad meg a következő hónapban, ha a sarki területen egynemű nyomásanomália van, és akkor változik ellenkezőre, ha a sarki területen a nyomásanomália nem egységes előjelű.

Az időjárás hosszútávú előrejelzésében néhány új fogalmat kellett bevezetni. A német nyelvben az új fogalmak jelölésére külön szinonimák állnak rendelkezésre, amelyeket nagyon nehéz volna szabatosan magyarra fordítani: Wetter és Witterung, Grosswetter és Weltwetter, Wetterlage és Grosswetterlage. Időszerű lenne, hogy a magyar szaknyelvben is meghonosodjanak olyan kifejezések, amelyekkel meg tudjuk különböztetni egymástól a néhány órás időtartamra vonatkozó időjárást, a több hétre vagy hónapra vonatkozó időjárási jellegtől.

A könyv második részében a szerző ismerteti az 1930-as években Németországban rendszeresen kiadott 10 napos előrejelzések metodikáját, a prognózisok összeállításában alkalmazott eljárásokat. Az utolsó 10 napos előrejelzés 1939 augusztusában készült, ekkor a 2. világháború következtében megszakadt ez a munka. A háború után a szerző a havi és évszakos előrejelzések

megalapozását tűzte ki célul. Ennek megvalósítása után 1967-től sor került a havi előrejelzések rendszeres kiadására. A legalkalmasabb paramétereket kiválasztva, többszörös regressziós egyenleteket állítottak össze havi előrejelzések céljára. A havi átlaghőmérsékletek és a havi csapadék-összegek előrejelzése a leírt módszerekkel az 1967—71. években általában 80 % körüli valószínűséggel bevált. Baur professzornak ez a megállapítása azért is figyelemre méltó, mert az Offenbach am Main-ban készülő és a Grosswetterlage Mitteleuropas c. kiadványban rendszeresen megjelenő havi előrejelzések beválása ennél lényegesen alacsonyabb.

Összefoglalva: a könyv olvasása rendkívüli élményt nyújt, a helyenként izgalmas kérdéscsoportokat felkeltik az olvasó érdeklődését, és egyre további olvasásra készítetik. Kétségek csupán a szerzőnek a numerikus előrejelzések iránti szkepticizmusa ébreszthet bennünk. Különösen akkor, ha meggondoljuk, hogy a GARP keretében milyen széleskörű, nemzetközileg szervezett munka folyik, amelynek végső célja a hosszúlejárathú numerikus előrejelzések megvalósítása. Mint ismeretes, e munka eredményeként már az 1970-es évek végére bevezetik a 2—3 hétre szóló numerikus előrejelzések rendszeres kiadását.

Koppány György



**BULGARISCHE AKAD. D. WISSENSCHAFTEN: Agrarklimatische Ressourcen des Territoriums der sozialistischen Länder Europas (A mezőgazdaság éghajlati erőforrásai az európai szocialista államok területén).** 34 (B/5) oldal, 8 táblázat, 1:5 milliós méretarányú 7 térképmelléklettel. Bolgár Tud. Akadémia Kiadója, Szófia 1971.

Ismételten hírt adott az *Időjárás* arról a közös kutatómunkáról, amelyet az európai szocialista államok meteorológiai, ill. hidrometeorológiai szolgálatainak igazgatói az 1964. évi budapesti, s az 1966. évi moszkvai konferenciájukon kezdeményeztek államaik mezőgazdaságának fejlesztése szempontjából számbavehető éghajlati erőforrások korszerű, tudományos feltárása érdekében. A feladat megoldására Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, a Német Dem. Köztársaság és a Szovjetunió agroklimatológusaiól alakult munkacsoport az előtűnk fekvő kétnyelvű, részletesebb orosz, s rövidebbre fogott német szövegű beszámoló szerint derekas munkát végzett. Első renden az éghajlati erőforrások legfontosabb jellemzőségeinek kidolgozásához fogott. E tekintetben az év 10°-nál magasabb napi középhőmérsékletű periódusának hőösszege, a fagymentes időszak tartamát, a gyümölcsösök és őszi vetésűek áttelelésének feltételeit, valamint a mezőgazdasági növénykultúrák nedvesgellátottságát vette vizsgálat alá. A végcél ui. az öt fő növénykultúra: a kukorica, búza, a szőlő, a cukorrépa és a burgonya agroklíma-körzetének a megállapítása az európai szocialista országok területén.

A munkacsoport szerkesztő bizottsága: *Ē. L. Herskovics* (Bulgária), *M. Kurpelova* (Csehszlovákia), *I. A. Holzberg* és *Sz. A. Szapoznyikova* (Szovjetunió), első jelentését s a térképek első sorozatát — a kutatásokat koordináló bolgár szolgálat, ill. a Bolgár Tudományos Akadémia gondozásában — már 1971-ben nyomdába is adhatta. Az 1:5 milliós méretarányú térképek valamennyi témát a Szovjetunió európai területén a 60° északi szélességig, keleten kb. az 52—56° hosszúságig, délen pedig a Nagy-Kaukázus fő gerincéig dolgozták ki, viszont Albániára és Jugoszláviára a feldolgozás nem terjedt ki.

A bolgár kartográfiát és nyomdatechnikát egyaránt dicsérő, kifogástalan kiállítású térképek sorát az európai szocialista államok területének *fizikai-földrajzi térképe* vezeti be. Ezt követi a 10°-nál magasabb hőmérsékletű periódus napi középhőmérsékleteinek összegét, majd a fagymentes időszak tartamát, s a hőmérséklet évi abszolút minimumjának átlagát bemutató térkép. Az alapanyagról s a szerkesztés módszereiről szóló beszámolójukban a szerkesztők hangsúlyozzák, hogy a két utóbbi térkép esetében csak a nyílt területen, síkságon, vagy völgyi inverziós hatástól mentes lejtőkön, átlagosan jellemző terепен fekvő meteorológiai állomások adatait vették tekintetbe; mégis, nyitott kérdés marad számunkra: Honnan az a tetemes különbség, amely a hőmérséklet átlagos évi abszolút minimumjának itt közölt, s a Magyarország Éghajlati Atlaszában publikált értékei között mutatkozik? A két periódus: az 1931/60, ill. az 1901/50-es azonos két évtizedének egymást fedő volta még kevésbé indokolja a szabölcs-szalmári síkságon s a Dunántúlon a két térkép közti feltűnően pozitív, ill. negatív irányú különbséget.

Az 5. térkép a június—július—augusztusi időszak, tehát a nyár Szeljaninov-féle *hidrotermikus koefficiensének*, a 6. pedig a téli félév (okt.—márc.) átlagos csapadékának eloszlását mutatja be. Ez utóbbi térkép — véleményünk szerint — épp a legváltozatosabb csapadékú térségben nem egységes: az NDK, Csehszlovákia és Bulgária magas- és középhegységi tájainak a domborzati hatások finom elemzésével megszerkesztett izohiétáival szemben kiütőközik az Északkeleti-Kárpátokban különösen, de a Keleti- és Déli-Kárpátok térségében is az izohiétáknak erősen szimplifikált volta. Föltehetően nem az adatok különböző időszakokból származása, hanem a felhasználható anyag szűkösebb volta kényszerítette a Románia mind az 5. térképét — tehát a csapadéktérképet is —, irodalmi adatokra támaszkodva megszerkesztő *M. Kurpelovát* erre a ke-

vésbé részletező, túl nagyvonalú elemzésre. Viszont annak a néhány kisebb ellentmondásnak, amely a téli félévi csapadék eloszlásában Magyarország területén (Alpokalja, Kisalföld, Tiszaúg) tűnik szemünkbe, a megvitatása — úgy érezzük — túlmenne e recenzióknak a keretein.

Újdonság jellegénél fogva a 7. térkép anyaga különösen számot tarthat érdeklődésünkre. A tenyészidőszak hőmérsékleti viszonyainak, nedvességellátottságának, a gyümölcsfák és őszi vetések áttelelési lehetőségeinek (hótakaró, kifagyás) *együttes mutatószámai az agroklimazonáinak* egy térképen belül is finom részletezésű rendjét tárják elénk, jelezve azokat a lehetőségeket, amelyekhez alkalmazkodva a különböző növénykultúrák termesztése, s a különböző agrotechnikák alkalmazása a mezőgazdaság éghajlati erőforrásainak leggazdaságosabb hasznosítását jelenti.

Nem kétséges, hogy a kutatócsoport a lehetőségekhez mérten az igazgatói konferencia határozatának végrehajtásában már eddig is nagyon jó munkát végzett. Am az is kétségtelen, hogy az európai szocialista államok egyre jobban szakosodó mezőgazdaságának fejlesztésére hivatottak számára a térképek tanulmányait világosan, tömören összefoglaló kiadvány, táblázatokba foglalt tájékoztató adataival, jól megalapozott, értékes tudományos információs anyagot nyújt.

Kakas József

## KRÓNIKA

### AZ RGMÁZA MÁSODIK SZIMPOZIUMA

AZ RGMÁZA (Légszennyeződési Munkacsoport) első szimpóziumát Leningrádban 1968-ban tartotta. Az azóta eltelt négy év alatt számos koordinált kutatás fejlődött be sikeresen. Az Igazgatói Konferencia döntése alapján az újabb eredmények bemutatására az RGMÁZA második szimpóziumát „A légszennyeződés meteorológiai aspektusai” címmel Budapesten 1972. október 3—7. között rendezték meg. A szimpóziumon a belföldieken kívül öt szocialista ország — NDK, Lengyelország, Csehszlovákia, Románia, Bulgária — 17 küldötte vett részt. A szovjet delegáció beteg-ség miatt nem tudta magát képviselni.

A szimpóziumot október 2-án délelőtt 9 óra-  
kor a MTE SZ székházában *Zách Alfréd* a Meteorológiai Társaság társelnöke nyitotta meg, majd *Kozák Béla* a Központi Légkörfizikai Intézet igazgatója mondta el ünnepi beszédét, amelyben kiemelte a levegőkémia és a légszennyeződések meteorológiai fontosságát.

Az ünnepélyes megnyitót követően négy napon keresztül összesen 18 előadás hangzott el. Az előadások átfogó képet adtak a szocialista országokban történő légszennyeződés kutatás mai állásáról. Több előadás foglalkozott a légszennyező anyagok mérésével és a mérések értékelésével. *M. Tenera* (Bulgária) a Szófiában és környékén végzett lebegő por- és ólomkoncentráció, valamint ülepedő por méréseket ismertette. Az NDK fővárosának televíziós URH adótornyán végzett kéndioxid immisziós mérések eredményeiről *W. Warmbt* (NDK) számolt be. A méréseknek a meteorológiai tényezőkkel való összevetéséből megállapítható, hogy a szennyező anyag koncentráció

nagysága függ a vertikális hőmérsékleti gradiens és a szélsőbesség mértékétől. A meteorológiai tényezők és az immisziós értékek közötti összefüggés alapján a meteorológiai tényezők előrejelzéséből az immiszió értékek várható alakulására is lehet következtetni. Több előadó — bolgár, cseh, lengyel, NDK — foglalkozott a levegőszennyeződés rövidtávú előrejelzésével. A folyamatos méréseknek a kisebb költségű időszakos mérésekkel való helyettesítésével is reprezentatív adatokat kapunk. Ez irányú kutatási eredményeiről *Popovicsné, Gubola M.* számolt be. *B. Böhm* (Csehszlovákia) a meteorológiai és immisziós adatok számítógéppel történő tárolási rendszerét ismertette.

A környezeti terhelés megállapítására alkalmas számítási módszerekkel több előadó foglalkozott. *M. Primescu* (Románia) a domborzat hatása alatt álló ipari területen az immiszió-eloszlás meghatározására szolgáló módszert ismertetett. Sutton és Pasquill számítási módszerének összehasonlításáról *K. Budzinski* (Lengyelország) számolt be. *D. Jordanov* (Bulgária) magas források koncentráció-eloszlásának meghatározására alkalmazott egyszerű megközelítő formulákat mutatott be. Érdekes előadást hallottunk *A. Lehmann*tól (NDK), aki az immiszióeloszlás számítását és a területi tervezésekben való meteorológiai alkalmazását ismertette. Bratislavában a kéndioxid-koncentráció eloszlását számítás útján és mérésekkel is meghatározták. Erről a vizsgálatról *J. Ral—D. Zavadsky* (Csehszlovákia) számoltak be. A bemutatott módszer alkalmas a szennyezettségi mérték területi összehasonlítására. Területi forrás általánosított modelljét *Szepesi D.* ismertette. *Feketé, Nárai K.* részecskék kibocsátása esetén alkalmazható szá-

mitási módszert mutatott be. Elméleti vizsgálataik helyességét mérésekkel is igazolták.

Október 4-én a szimpozium résztvevői számára *Barát József*, az OMSZ elnökhelyettese fogadást adott a MTESZ székházában. Október 7-én autóbusszokkal egész napos kirándulást tettek a Balaton körül.

A szimpoziumon résztvevő szakemberek megismerkedtek a szocialista országokban folyó kutatások eredményeivel és a közeljövő kutatási terveivel. Személyes megbeszéléseken kicserélték tapasztalataikat, és a további együttműködés lehetőségeit tárgyalták meg. A szimpozium méltó befejezése volt a jól sikerült balatoni kirándulás.

*Nárai K.*

\*

## A KOZMIKUS METEOROLÓGIAI KUTATÁSOK TANULMÁNYOZÁSA A NÉMET DEMOKRATIKUS KÖZTÁRSASÁGBAN

A Kozmikus Meteorológia 2. számú témájában folyó kutatások tanulmányozása, valamint tapasztalatsere céljából *Koppány György* tudományos osztályvezető 1972 novemberében hetet töltött a Német Demokratikus Köztársaságban.

A tapasztalatsere színhelye Postdamban a Meteorológiai Főobszervatórium volt, amely az idén ünnepelte alapításának 80. évfordulóját.

Az említett kutatási téma tárgya a sugárzási mezők vizsgálata a meteorológiai műholdak sugárzásméréseinek felhasználásával. A kutatásban a potsdami Meteorológiai Főobszervatórium néhány tudományos munkatársa vesz részt. Az ott folyó vizsgálat célja ciklonális és anticiklonális modellek szerkesztése, a sugárzásháztartás tanulmányozása az elméleti modellekben, és ezek összehasonlítása a valóságos ciklonok és anticiklonok sugárzási mezejével. A vizsgálatban a Meteor-sorozathoz tartozó szovjet műholdak sugárzásmérési adatait használják fel. Ehhez hasonló vizsgálatok folynak hazánkban is.

A német kollégák bemutatták a meteorológiai szolgálathoz tartozó más intézmények munkáját is, így a saját konstrukciójú műhold-vevőt, az automatikus távmérő berendezéseket. Ezek között különösen érdekes az ultrahanggal működő szél- és hőmérsékletmérő műszer, amely a légmozgás három, egymásra merőleges komponensét méri és regisztrálja.

A tanulmányút „programon kívüli” eseménye volt a november 13-i óriási vihar, amelynek átlagsebessége helvenként 32 m/sec-re erősödött, az egyes szállókések pedig meghaladták a 40 m/sec értéket.

A látogatás egész ideje alatt a német kollégák messzemenő segítőkészséget tanúsítottak.

*Koppány Gy.*

## AZ MTA FÖLD- ÉS Bányászati TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

november 23—24-én tartotta III. Anyag- és Energiaáramlási Ankétját. A nagyszámú hallgatóság több mint harminc előadás és számos korreferátum keretében áttekintést kapott Földünk természetes egységet alkotó jellegének megfelelő geonómiai szemlélet alapján a minden szférára kiterjedő különböző erőterek, így a nehézségi erőterét, a nyomási erőterek vizsgálatának eredményeiről. A Földön kívüli erőterek (Nap, Hold stb.) és a földi erőter kapcsolatait a *ciklusos folyamatok* kutatásának eredményeit ismertető előadások mutatták be. A különböző szférák egymásra hatásának és egymásba hatolásának nyomán beálló átalakulások, az ún. *migrációs folyamatok* bizonyított, illetve hipotetikus formában tárultak a hallgatóság elé.

Az átalakulások ismertetése nyomán mutatkozott annak szüksége, hogy a *globális tektonikát* is behelyezzék az újabb vizsgálatok eredményeivel a geonómiai szemlélet által már kialakított keretbe. E témakörök Földünk kialakulásának kezdeti szakaszától a jelenkorig megszakítatlan folyamat-sorozatokat ölelnek fel és fontos momentumaik a földtörténet őskorába esnek. A különböző korok és a jelenkor közötti kapcsolat kutatása már meteorológiai szempontból is közvetlen jelentőségű s ezért különös érdeklődés kísérte a *paleoklimatológiai* előadásokat. Nem kisebb érdeklődés mellett és a hallgatóságban talán még több gondolatot ébresztve, még több problémát felvetve hangzottak el a *földi nyomásvízosonnyok és erőterek* kutatási, nevezéktanai és definíciós kérdéseit ismertető — részben már vizsgálati eredményeket is bemutató — előadások.

A fenti témakörökön belül meteorológiai vonatkozásban a nagy összefüggésekre reálisan utaló invenciózus előadások bemutatásával elismerést arattak *Péczeley György—Csomor Mihály*; Magyarország nyári csapadékának periodicitásai, *Berkes Zoltán*: A légáramlások éven belüli periódusai Földünkön, *Dobosi Zoltán*: Albedótérképek szerkesztése különböző felszíni takarókra, *Béll Béla*: Erőterek a sztratoszférában és a troposzférában címen ismertetett eredményeik és megállapításaik révén.

Az ankét vitathatatlan sikeréhez nyújtott jelentős volumenű meteorológiai hozzájárulás mértékét és összefüggéseit *Szádeczky-Kardoss Elemér* osztályelnök akadémikus, *Béll Béla* és *Barta György* levelező tagok fogalmazták meg és foglalták össze, megállapítva, hogy a III. Anyag- és Energiaáramlási Ankét megteremtette egy hasonló tárgyú nemzetközi tudományos kongresszus eredménnyel kecsegtető megtartásának hazai feltételeit.

*Kéri M.*

## MUNKAÉRTEKEZLET A LÉGKÖRI DISZPERZIÓRÓL

A Német Mérnök Egyesület (Verein Deutscher Ingenieure) Levegőtisztaságvédelmi Bizottsága 1972. november 20—21-én munkaiülést rendezett Düsseldorfban a légszennyeződés diszperziós problémáinak megvitatása céljából. A nemzetközi szakértőkkel kibővített munkaiülés a nagyszámú német szakembereken kívül amerikai, francia holland, magyar, norvég, osztrák, svéd és svájci szakemberek vettek részt.

A kétnapos ülésen összesen 15 előadás foglalkozott a légköri diszperzió meteorológiai szimulálásának kérdéseivel. Ezek közül 6 előadás magas pontforrások környezetét szennyező hatását vizsgálta, összehasonlítva a különböző számítási módszereket és bemutatva az új koncepciót a városi alapterhelés fogalmának tisztázására. A további 9 előadásban magas pontforrásnak nem tekinthető ún. területi forrás diszperziójának meteorológiai szimulálására mutattak be új módszereket.

Az előadásokat élénk viták követték. Ezekből leszűrhető, hogy a légköri diszperzió legeredményesebben olyan meteorológiai modellekkel szimulálható, melyek több évi, helyben mért diffúzióklimatológiai tényezők komplex hatását veszik figyelembe.

Az ülésen a Központi Léggérfizikai Intézet részéről, a VDI meghívására, *Szepesi Dezső* a Légszennyeződési Osztály vezetője tartott előadást „Területi forrás általánosított modellje” címmel.

*Szepesi D.*

## SYMPOZIUM A METEOROLÓGIAI MEZŐK SZERKEZETÉRŐL ÉS AZ ADATELLENŐRZÉSÉRŐL

1972. november 20. és 28. között került megrendezésre Moszkvában a 7. és 11. számú RGKNIR témák közös szimpoziuma. E két nemzetközileg koordinált téma tárgya: „a meteorológiai mezők statisztikai szerkezetének vizsgálata” és „a hidrometeorológiai adatok automatikus ellenőrzése”. A szimpoziumon Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, Mongólia, a Német Demokratikus Köztársaság, Szovjetunió és a Vietnami Demokratikus Köztársaság szolgálatának küldöttei voltak jelen. Magyar részről *Czelnai Rudolf* igazgató, *Rákóczi Ferenc* adjunktus, és *Orendi Katalin* osztályvezető vett részt a tudományos ülésszak munkájában.

A szimpoziumon 45 előadás hangzott el. Az előadók túlnyomó többsége a meteorológiai mezők statisztikai szerkezetének vizsgálatával foglalkozott. A kitűnő előadások közül is ki-

emelkedett a 7. és 11. témák jelenlegi állásával foglalkozó két bevezető előadás, amelyeket *Gangyin* professzor, illetőleg V. V. *Filippov* tartott.

A magyar delegáció tagjai három előadást tartottak. *Czelnai Rudolf* egyik előadásában a „Meteorológiai mezők statisztikai szerkezete” c. monográfia céljairól és a munkálatok állásáról beszélt, másik előadásában ismertette a csapadékadatok gépi ellenőrzésének Magyarországon alkalmazott módszerét. *Orendi Katalin* előadásában áttekintő képet adott a Központi Meteorológiai Intézet számítóközpontjában kidolgozott célszámítógépes rendszerről. Az előadások élénk érdeklődést és elismerést váltottak ki.

A szimpozium tudományos előadói mellett két munkaértekezletre is sor került. Az egyik munkaiülésen a 7. témát koordináló magyar szolgálat szerkesztésében megjelenő „meteorológiai mezők statisztikai szerkezete” c. monográfia részletes tematikáját öntötték végleges formába, és megállapodtak a végrehajtás ütemezésének kérdéseiben. A másik munkaiülés résztvevői a gépi adatfeldolgozás és a adatkontrol kérdéseivel foglalkoztak és megállapodtak az alkalmazott programokra vonatkozó információk cseréjében.

*Rákóczi F.*

\*

## A METEOROLÓGIAI ADATFELDOLGOZÁS, ADATSZOLGÁLTATÁS TANULMÁNYOZÁSA A NÉMET DEMOKRATIKUS KÖZTÁRSASÁGBAN

1972. november 16—30 között *Szakácsné Farkas Amália* főosztályvezető és *Szabóné Papp Éva* osztályvezető TESCO tanulmányút keretében a meteorológiai gépi- és egyéb adatfeldolgozás, adatszolgáltatás, valamint az archíválás különböző módszereit tanulmányozta Potsdamban az NDK Meteorológiai Szolgálatánál.

Látogatásuk során megismerkedtek az NDK Meteorológiai Szolgálatánál jelenleg alkalmazott adatfeldolgozási és adateellenőrzési módszerekkel, kezdve az észlelők által kitöltött bizonylatoktól a lyukkártyák elektro-mechanikus feldolgozásáig, illetve a Meteorológiai Évkönyvek különböző kötetekinek előállításáig. Tájékozódtak az NDK Szolgálat új BESM-6 típusú elektronikus számítógépén tervezett adatfeldolgozási programok előkészítésének munkálatairól és ezek megvalósításának lehetőségeiről. A Klimatológiai Főosztály különböző osztályain tanulmányozták a népgazdaság egyes ágainak és a nagyközönségnek nyújtott meteorológiai tájékoztató tevékenységét. Különösen érdekes volt *J. Kolbig* ismertetése a szakvélemények gyorsabb és célszerűbb elkészítéséhez használatos, statisztikailag feldolgo-

zott, összegyűjtött komplex meteorológiai adatok katalógusáról.

Alkalmuk nyílt megtekinteni a Potsdam-ban működő automatikus meteorológiai állomást is. S. Klemm ismertette terveiket, azt, hogy az NDK Meteorológiai Szolgálat a következő években milyen lépésekben kívánja megvalósítani a meteorológiai automata-állomások hálózatának kiépítését. Konzultációkat folytattak továbbá a különféle adathordozókra rögzített megfigyelési anyag tárolási, archiválási problémáiról is. A megbeszélések során az a vélemény alakult ki, hogy elsősorban a szakvéleményekhez szükséges meteorológiai normatívák megállapítása, valamint a mágnes-szalagos archiválással kapcsolatos feladatok megoldása érdekében mindkét Szolgálat számára hasznos lenne további szoros együttműködés és a soronkövetkező legfontosabb lépések összehangolása.

Farkas A.—Papp É.

\*

## SZIMPOZIUM MINSZKBN AZ AUTOMATIKUS METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁSOKRÓL

A szocialista országok meteorológiai szolgálatainak szakemberei 1972. október 23—28 között Minszkben, Belorusszia fővárosában gyűltek össze, hogy áttekintsék a fenti témában 1970-ben rendezett konferencia óta született eredményeket, üzemeltetési tapasztalatokat, megismerkedjenek új konstrukciókkal.

A figyelem ezúttal is az ún. félautomata állomásokra összpontosult, vagyis az olyan mérőhelyekre, amelyek a műszeres megfigyelések eredményeit éjszaka felügyelet nélkül, nappal pedig a személyzet által vizuálisan észlelt adatokkal kiegészítve automatikusan továbbítják a gyűjtőközpontba 1—3 óránként. A félautomata állomások tehát segítenek a mindenütt krónikus létszámhiányon, az éjszakai szolgálat terhére leveszik az észlelőkről a felszabadítottjuk őket más, pl. tájékoztató tevékenység végzésére. Az éjszakai felhő-észlelések hiányát a radar- és műholdmegfigyelések ellensúlyozzák, míg az észlelések begyűjtését, a táviratok ellenőrzését, rendezését kompjuter vezérli az automatizált észlelő—adatfeldolgozó rendszerben.

Nem véletlen, hogy a szovjet hidrometeorológiai szolgálat a II. automata állomás konferenciát Minszkben rendezte meg: a Beloruss SZSZK-ban ugyanis 1970-ben az egész köztársaságra kiterjedő kísérlet kezdődött: a 207 000 km<sup>2</sup> nagyságú területen a meteorológiai adatgyűjtés komplex automatizálása. Az impozáns és nagy anyagi erőket mozgósító terv végrehajtása során a szovjet szolgálat 41 félautomata állomást, 3 időjárási radart, 2 rádiószondázó és 1 műholdvevő állomást telepített, emellett a számítőközpontot új gépekkel látták el és betanították a személyzetet az új technika ke-

zelésére, karbantartó brigádokat szerveztek, stb. A szimpoziум célja — amint azt Fedorov akadémikus megnyitójában elmondotta — a komplex automatizálás tervezési, konstrukciós és üzemeltetési problémáinak megvitatása, az eredmények mellett a nehézségek feltárása és a szocialista országok tapasztalatcseréje volt. Az előadásokat a vendéglátók nagylétszámú delegációja mellett 7 baráti ország 17 szakembere hallgatta végig.

Az automatikus adatgyűjtés a digitális technikához illeszkedő új érzékelők fejlesztését tette szükségessé s elméletileg is tisztázni kellett a mintavételek gyakoriságát és időtartamát, az adattovábbítás módját, stb. A Szovjetunióban új távirati kulcsot dolgoztak ki a félautomatikus állomások részére: a kód első fele tartalmazza az éjjel-nappal kisugárzott gépi észleléseket, míg a második — csak nappal adott — része a vizuális megfigyelésekre szolgál. Ez a kód nem kompatibilis a nemzetközi SYNOP kulccsal: a táviratokat rendező „editor” kompjuter írja át a jelentéseket kisugárzás előtt a megszokott formába.

A résztvevők nagy érdeklődése kísérte a szovjet ipar által sorozatban gyártott automata szakmai bemutatóját. Az M 106 típusú állomás az eddigi UATGMSZ-4 javított változata, amely a szokásos elemek mellett látástávolságot és felhőalapot is mér, észlelései távirón közli. Az M 107-es viszont rádiótáv mérő állomás (Morse kódban), amelyet lakatlan, zord éghajlatú területekre telepítenek, ahová a szerviz évenként csak egyszer juthat el. E típusból, 1971-ben 14 db-ot állítottak fel Kamcsatkában. A repülőtéren észlelések automatizálására két műszert is bemutatnak: a KRAMS típusú adatfeldolgozó kompjuterrel egybeépítve nagyforgalmú repülőtereken segíti a légiforgalmi eligazítást, míg az AAMS-1 kisebb helyeken kerül alkalmazásra, számítógép nélkül. Ez utóbbi műszerek ún. csúszó átlagolású szélességet, pályamenti látástávolságot, felhőalapot is mérnek, sőt viharjelzést is kiadnak.

Az észlelések automatizálása terén komoly munkát végzett az NDK meteorológiai szolgálat is: 1970 óta 12 saját gyártmányú félautomata állomást helyeztek üzembe és 1973-ban már 22 állomásukról az adatgyűjtés automatikusan történik majd a potsdami számítőközpontig. A komplex hálózat munkáját itt is radarállomások és műholdvevő segíti. Érdemes megemlíteni, hogy az NDK-ban a szolgálat keretében 10 fő foglalkozik az automatizálással (beleértve a karbantartást is) s ezt a létszámot nem központi keretből, hanem a korszerűsített főállomásokon feleslegessé vált észlelők státuszából biztosították.

Tanulságos eredményekkel szolgált a szimpoziум a különféle gyártmányú mérőátalakítók (érezékelők) összehasonlító vizsgálatával kapcsolatban is, továbbá az állomások megbízhatóságát, a szervizszolgálat hatékonyságát és a hírközlési problémákat illetően.

A konferencia eredeti célkitűzését meghaladó eredménnyel zárult; az ott szerzett információk iránymutatásul szolgálnak és sürgető tempót diktálnak a hazai fejlesztésben is.

Mezősi M.

\*

## KLIMATOLÓGIAI SZIMPOZIUM VARSÓBAN

A Lengyel Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálat 1972. október 24—28. között szimpoziomot rendezett „A népgazdaság klimatológiai adatokkal való ellátásának szervezése és módszerei” témakörben. A szimpoziumon a vendéglátó lengyel szakembereken kívül a bolgár, német, román, szlovák, szovjet és magyar hidrometeorológiai és meteorológiai szolgálatok küldöttei vettek részt.

Az előadások az RGK VI. ülésének ajánlásai alapján a következő témacsoportokban hangzottak el: a) A népgazdaság klimatológiai információkkal való ellátásának szervezési és metodikai kérdései, ezen belül az információk kidolgozásának technológiái; b) Konkrét példák az éghajlati adatoknak az állami szerveknél és a népgazdaság különböző ágaiban történő felhasználására; c) A meteorológiai viszonyok, valamint a természetes és mesterséges objektumok kölcsönhatásának vizsgálata; d) A nemzetközi szállítási útvonalak éghajlati vonatkozásai; e) Adott népgazdasági ágak számára előállított éghajlati információk kidolgozásának egységesítési lehetőségei.

Az előadásokat követő élénk eszmecsereben a felszólalók ismételten aláhúzták a téma időszerűségét, javasolták a munka folytatását és kiszélesítését. Megállapították, hogy a jövőben különösen sok a tennivaló még az éghajlati információk különböző formáinak egységesítése terén.

Wagner M.

\*

## CZELNAI RUDOLF ELŐADÁSAI KÜLFÖLDÖN

Október 15—23 között *Czelnai Rudolf*, a Központi Meteorológiai Intézet igazgatója Stockholmban és Zürichben tudományos előadásokat tartott.

A svédországi előadásra *Dr. Alf Nybergnek*, a Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet (SMHI) vezetőjének meghívása alapján került sor.

Az előadásorozat programját *Dr. Roy Berggren*, az SMHI Éghajlati és Hidrometeorológiai Főosztályának vezetője és a skandináv csapadékkutató IHD munkacsoport elnöke szervezte meg. Az előadásokat a svéd szakembereken kívül norvég és finn vendégek is meghallgatták. Stockholmban az SMHI központjában az alábbi négy előadás megtartására került

sor: „*Meteorológiai mezők statisztikai szerkezete*”; „*Területi csapadéktalagok meghatározásának pontosságára*”; „*Csapadékatatok számítógépes ellenőrzése*”; „*Meteorológiai megfigyelő hálózatok racionális tervezése*”.

Az előadásokat minden esetben kb. másfél-két óras élénk vita követte. Október 18-án, kerekasztal megbeszélésen a vázolt előadásorozat egyes témáinak kötetlen formájú megvitatásán kívül a Norvég Meteorológiai Intézetből jelen levő *Björn Aune* ismertett egy új, teljesen automatizált csapadékirót.

Október 19-én *Czelnai Rudolf* Uppsalában *Tor Bergeren* professzor intézetében megismerkedett a „PLUVIUS” terv keretében folytatott csapadékező-kutatások eredményeivel. Az itt folytatott megbeszélések során *Bergeren* professzor arra a következtetésre jutott, hogy célszerű volna a „PLUVIUS” terv keretében végzett mérések eredményeit a Magyarországon kidolgozott matematikai módszerekkel kiértékelni. Ugyancsak Uppsalában, *Erik Eriksson* professzornál szűkebb körű tudományos vita tárgya volt a *Czelnai* által kidolgozott „hiba-minimum interpolációnak” nevezett objektív analízis módszer. E vita — amint *Czelnai Rudolf* elmondotta — *Eriksson* professzor rendkívül mély matematikai statisztikai ismeretei és élénken érdeklődő szelleme folytán egyike volt az utazás legnagyobb élményeinek. *Dr. Berggren* a vita eredményét abban foglalta össze, hogy a két vitatkozó fél kölcsönösen megnyerte a másikat a maga korábbi nézeti számára.

A rendkívül tartalmas és szoros tudományos program mellett a munkaidő egyetlen perce sem maradt kihasználatlanul, miután a vendéglátók lehetővé tették az SMHI különféle osztályainak meglátogatását. E látogatások révén *Czelnai Rudolf* bepillantást nyerhetett az SMHI-ban folyó operatív munka szervezésének és módszereinek részleteibe. Az Éghajlati Főosztály meglátogatása során meglepve tapasztalta, hogy a svéd és magyar szolgálatnál kialakított korszerű éghajlati adatfeldolgozó módszerek rendkívül sok tekintetben hasonlatosak, bár éppen ezen a területen a két szolgálat között eddig semmiféle közvetlen tapasztalatcsere nem történt.

Az Előrejelző Főosztály meglátogatásakor *Dr. Olof Lönquist* ismertette az időjárás helyzetek osztályozásán alapuló előrejelzési módszerét, amely sok tekintetben emlékeztet a magyar szolgálatnál kibontakozó egyes új törekvésekre.

Az SMHI Számítógéppontjában *Dr. Lennart Bengtsson* osztályvezető adott áttekintő képet arról a valóban hatalmas és imponáló munkáról amelyet ez a központ az utóbbi években végzett. Megjegyzendő, hogy az SMHI DATA-SAAB-22 típusú jelenlegi központját kb. három évvel ezelőtt helyezték üzembe, de azt megelőzően már sok éven át béreltek egy DATA-SAAB-21 típusú számítógépet. Így tehát e szá-

mitőközpontnak ma már jelentős múltja van. Emellett a jelenlegi adottságok is rendkívül kedvezőek: hardware oldalon szinte hihetetlenül nagyfokú műszaki megbízhatóság, software oldalon intenzív nemzetközi együttműködés pl. a Boulder-i NCAR-nal, stb. A további tervek nem kevésbé irigylésre méltók: az SMHI-nak Nörrköping-be való áttelepülésével egyidőben a meglévő központot egy DATA-SAAB-23 típusú központra cserélik fel, amely valóban a kor igényeinek megfelelő teljesítményt nyújtja majd. Emellett rövidesen üzembe helyezik a középsebességű távközlési rendszerhez tartozó telekommunikációs kompjutert, és ezzel együtt távadatfeldolgozó hálózatot építenek ki, amelybe többek között beletartozik majd az automata állomások adatait gyűjtő PDP-8 típusú kis-számítógép. Jelenleg már kísérleteket végeznek, amelyek során a középsebességű telekommunikációs csatornát Olivetti kiskompjuterrel, valamint ASR-33 teletprintterrel szimulálják.

Az előbbi témához szorosan kapcsolódik az SMHI automatizálási terve, amelyről *Czelnai Rudolf* ugyancsak részletes tájékoztatást kapott. A tervek előterében az ún. „felügyelet” automaták üzembehelyezése áll, s ez ismét meglepően egybeesik a hazai tervekkel. Egészben véve az egyes osztályokon tett látogatások legfőbb tanulsága talán az volt, hogy az egymástól függetlenül kialakított tervek e két hasonló méretű szolgálat esetében szinte azonosak, s bár a svéd szolgálat a műszaki fejlesztés területén kétségtelenül jóval előbbre jutott, mégis jelentős hasonlóság tapasztalható a már megvalósított fejlesztés terén is.

Az egyhetes svédországi látogatás után *Czelnai Rudolf* továbbutazott Zürichbe, ahol *R. Schneidernek*, a Svájci Meteorológiai Intézet igazgatójának meghívására október 23-án előadást tartott. Ez az előadás tulajdonképpen a négy Stockholm-i előadás anyagának összefoglalása volt, de a meghívó fél kívánsága szerint az előadónak elsősorban a meteorológiai megfigyelőhálózatok racionális szervezésének gazdasági szempontjait kellett kiemelnie. Ez a meghívás egyúttal lehetőséget nyújtott a Svájci Meteorológiai Szolgálat új épületszárnyának és az abban elhelyezendő új számítóközpont megtekintésére. Ennek a számítóközpontnak különös érdekessége számunkra abban van, hogy a középsebességű távközlési csatornák bekapcsolására hasonló telekommunikációs kompjuter-rendszert építenek ki, mint amilyenek az üzembe helyezését a magyar szolgálat tervezi.

\*

*Ambrózy P.*

## AZ MMT VÁLASZTMÁNYI ÜLÉSEI

A Magyar Meteorológiai Társaság munka-programja szerint 1972. október 19-én tartotta ősi első választmányi ülését. Az ülésen beszá-

moló hangzott el a Szarajevóban megtartott XII. Alpi Meteorológiai Konferenciáról, amelyen *Dési Frigyes*, az MMT elnöke, *Zách Alfréd* társelnök és *Szakály József* főtítkár képviselte a Társaságot.

*Kérdő István* szakosztályvezető az „Aeriontherápiásszimpozion”, míg *Szepesi Dezso* választmányi tag a „Légszennyeződés meteorológiai aspektusai” témájú szimpozion lebonyolításáról számolt be a választmány tagjainak. Az ülésen a legnagyobb érdeklődést az 1973-ban tartandó vándorgyűlés váltotta ki, főleg a tematika kialakítása körül volt élénk vita. *Szakály József* főtítkár az évvégi záróülés előkészületeinek, illetve a folyó ügyek ismertetésével zárta az ülést.

Az 1973. december 14-i választmányi ülésen először a nívódíj bizottság tette meg előterjesztését. *Szakály József* főtítkár az 1973. évi munkaterv ismertetése során részletesen beszámolt a Csehszlovák Meteorológiai Társasággal kötött megrendezésre kerülő vándorgyűlés — az előző választmányi ülés óta végzett — előkészületeiről. Ezután *Gaál Elek* az 1973-as költségvetési tervet ismertette. A választmányi ülés tagjainak élénk érdeklődése kísérte a MTESZ tagegyesületek új elhelyezését ismertető beszámolót.

A Technika Házában — amely 1973. január 1-től teljesen a Magyar Rádió és Televízió tulajdonába megy át — Társaságunk e választmányi ülése volt az utolsó megmozdulás. Az 1973-as évben Egyesületünk a MTESZ Ankerközi házába költözik át, míg a MTESZ központi vezetősége a Kereskedelmi Kamara Kossuth Lajos téri új székházában kapott otthont.

Az ülés *Zách Alfréd* társelnök évről-jóki kívánságaival fejezte be munkáját.

*Simon A.*

\*

## TUDOMÁNYOS KOLLOKVIUM ERTEL EMLÉKÉRE

Az NDK Tudományos Akadémiájának Földfizikai-, Asztrofizikai- és Tengertani Intézete, valamint a keletnémet meteorológiai szolgálat 1972. október 31-én Potsdamban „*A geofizika és asztrofizika elméleti problémái*” címmel, az 1971. júliusában elhunyt *H. Ertel* professzor, akadémikus, kiváló német tudós emlékére tudományos kollokviumot rendezett. A kollokviumon részt vett *Dési Frigyes* egy. tanár, az OMSZ elnöke, *Ertel* tudományos munkásságának és emberi kiválóságának tisztelője.

A meghívottak nagyrészt *H. Ertel* tanítványai, elméletének továbbvivői köréből kerültek ki. Jelen voltak: *W. Böhme*, *M. Čadež*, *K. H. Bernhardt*, *H. Fortak*, *P. Mauersberger*, *S. Dyck*, *H. Stiller*, *W. Kertz*, *H. Kautzleben*, *G. Fanslau*, *H. J. Treder*, *M. Konček*, *M. Mikulský*, *A. Obahor*, *M. Maczkiewicz*.

A kollokviumon elhangzott tizenkét előadás megerősítette *Ertel* professzor sokoldalú munkásságának a jövőben is ható eredményességét.

Lőrincz A.

\*

## A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG ELŐADÓÜLÉSE

Az MMT 1972. október 26-i ülésén *Szemerédi Pál* az ELTE Geofizikai Tanszékének docense „A felső légkör és a földmágneses háborgások” címen tartott előadást.

Bevezetőben az előadó a légkör fogalmának meghatározására hívta fel a figyelmet és arra utalt, hogy a semleges légkörön túlmenően, ma már a földmágneses tér által fogva tartott töltött részecskéket is a Föld felső légköréhez sorolják és ezt a kb. 2000 km-től felfelé eső részt magnetoszférának nevezték el. A magnetoszféra kiterjedését és formáját a Föld mágneses tere és a Napról érkező plazmaáramlás, az ún. napszél kölcsönhatása alakítja ki. Ez az egyensúlyi állapot elsősorban akkor borul fel, amikor a Napon keletkező flare protonokból és elektronokból álló plazmafelhőt bocsát ki. Ha ezek a részecskék a Föld felé irányulnak, mágneses terükkel deformálják a magnetoszférát és ezáltal földmágneses viharokat okoznak.

Az előadó a továbbiakban a földmágneses vihar mechanizmusát és a légkör egyes rétegeiben kifejtett hatásait ismertette.

Az előadást a hallgatóság nagy érdeklődéssel figyelte, majd az ezt követő vitában *Béll Béla*, *Berkes Zoltán*, *Dobosi Zoltán* és *Flórián Endre* tett fel kérdéseket, illetve fejtette ki véleményét az elhangzottakkal kapcsolatban.

Saikó J.

\*

## TÍZÉVES A WWW

A Meteorológiai Világszervezet által kezdeményezett Időjárás Világszolgálat (World Weather Watch) gondolata hivatalosan először az ENSZ 1961. decemberi közgyűlésének határozatai között került napvilágra. Az elvi megalkotás és a tervek készítésének éve pedig 1962 volt. Bár a WWW csak 1968. január 1-től működik operatíven, a WMO mégis az 1962-es évet tekinti a kezdetnek.

A tízéves évforduló alkalmából a WMO Végrehajtó Bizottságának 1972. májusi ülészakán neves szakemberek előadásai hangoztak el. *V. A. Bugajev* akadémikus (Szovjetunió) a WWW eredetéről és perspektíváiról beszélt. Véleménye szerint a hátralevő főbb problémák már nem is a távközlés és a számítógép technika területére esnek, hanem a megfigyelési rendszerekre és az adatszolgáltatás pontosságára. Ebben a vonatkozásban nagyon sokat vár a GARP-tól. A jelenlegi legfontosabb fel-

adatok között a négy-dimenziós objektív analízis fejlesztésére, a WWW keretében bevezetendő néhány rutin előrejelzési modell kiválasztására, az APT műhold képvétel kiterjesztésére hívta fel a figyelmet.

*D. S. Johnson* az Egyesült Államok meteorológiai műholdközpontjának (NESS) igazgatója az 1962-ben készült tervet analizálta saját munkaterületén. Mint kiderült, a fejlesztési prognózis csak részben vált be, egyes elképzelések (pl. a talajmenti légnyomás meghatározása közvetett úton) nem váltak valóra, mások viszont (szélmérés a geostacionárius holdak felhőfényképei alapján, közvetett vertikális szondázás sugárzásméréssel) messze meghaladták a tíz évvel ezelőtti reményeket. *Johnson* prognózist is készített 1982-re. Ezek szerint tíz év múlva 4–5 geostacionárius és két poláris pályán műhold fog egyszerre működni; a hőmérséklet-szondázást — speciális lokális és regionális mérésektől eltekintve — a műholdak végzik; három-dimenziós felhőanalízisek készülnek, stb.

A harmadik előadó, *J. S. Sawyer* (Anglia) a numerikus előrejelzésekről beszélt. Megállapította, hogy a nagytérű előrejelzéseknél egyforma sikerrel használhatók a véges különbségekkel operáló, ill. a primitív egyenleteket alkalmazó módszerek, és, hogy még mindegyikük tartalmaz valamilyen rendszeres hibát. A fejlődés iránya a finomabb rácsszerkezet használata, hogy az időjárást aktívan alakító frontálzonák nyomását területenként pontosabban leírhatók és előrejelezhetőek legyenek.

Ambrózy P.

\*

## LÉGSZENNYEZŐDÉSI TANULMÁNYÚT A SZOVJETUNIÓBAN

1972. szeptember 18. és 23. között e sorok írója TESCO-tanulmányúton vett részt az Obnyinszki Kísérleti Meteorológiai Intézetben.

*Filofejeva* tudományos munkatárs kíséretében tanulmányozta az intézet mellett levő meteorológiai tornyot. A torony 310 m magas, 2,4 m az átmérője. A tornyon 13 erkély van, ahol folyamatosan mérik a meteorológiai elemeket, valamint a kutatások szükséges méréseket végzik. Az obnyinszki kutatók is folytattak itt számos kísérletet. A torony egyik erkélyéről különböző nagyságú színes részecskéket bocsátottak ki, és megmérték a tornytól különböző távolságban leülepedett részecskemennyiséget. A mérések eredményei lehetővé tették a számításokhoz szükséges kibocsátási paraméterek meghatározását. *Büzo* osztályvezető részletesen ismertette a küldöttel a szilárd szennyezőanyagok szóródási sajátosságairól szerzett tapasztalataikat.

A jól összeállított programért és a baráti fogadtatásért köszönet illeti az Obnyinszki Kísérleti Meteorológiai Intézetet.

Nárai K.

---

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA  
A szerkesztésért felel: dr. Dési Frigyes, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke  
Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9–11. Telefon: 221-285  
Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató  
Index: 26.361



72.4076 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás  
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

**ELŐFIZETÉS: EGY ÉVRE 48 FT  
A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG TAGJAINAK 24 FT  
(BEFIZETÉS A 232-90 171-2494 TAGDIJBEFIZETÉSI SZÁMLÁN)**

**MEGRENDELHETŐ: AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT  
PÉNZÜGYI OSZTÁLYÁN  
BUDAPEST II., KITAIBEL PÁL UTCA 1.**

**MEGJELENIK KÉTHAVONKÉNT** **EGYES SZÁM ÁRA 8 FT**