

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

<i>Logvinov, K. T.</i> : Az Ukrán Hidrometeorológiai Tudományos Kutató Intézet tevékenysége (orosz nyelven)	57
<i>Olberg, M.</i> : Időbeli változások a csapadék havi összegei Baur szerinti idősorának spektrális eloszlásában (német nyelven)	70
<i>Rákóczi F.</i> : A földi légkör aeroklimatológiája I. Légnedvesség, II. Léghőmérséklet (angol nyelven)	79
<i>Fekete I.</i> : A nagytérségű felhőzet diagnosztizálása nyári esetekben (angol nyelven)	94
<i>Bak J. – Gulyás O. – Tünczer T.</i> : A csapadék rövidtávú előrejelzése tanuló algoritmusok segítségével (angol nyelven)	101
<i>Péczely Gy.</i> : Az SI mértékegység-rendszer a meteorológiában	107
Krónika	111

CONTENTS

<i>Logvinov, K. T.</i> : On the activities of the Ukrainian Hydrometeorological Scientific Institute (Russian Text)	57
<i>Olberg, M.</i> : Temporal changes in the spectral distribution of Baur's time series of monthly amounts of precipitation (German Text)	70
<i>Rákóczi, F.</i> : Aeroclimatology of the Earth's Atmosphere I. Humidity, II. Temperature (English Text)	79
<i>Fekete I.</i> : Genetical diagnosis of large-scale cloudiness in the summer season (English Text)	94
<i>Bak, J. – Gulyás, O. – Tünczer, T.</i> : Short range forecast of precipitation with the aid of learning algorithms (English Text)	101
<i>Péczely, G.</i> : The SI system of units in meteorology	107
Chronicle	111

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA
JOURNAL OF THE METEOROLOGICAL SERVICE
OF THE HUNGARIAN PEOPLE'S REPUBLIC

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG - EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)	NGUYEN-XIEN (Hanoi)
ANTAL E. (Budapest)	OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)	PASZINSKY, J. (Warszawa)
BÖHME, W. (Potsdam)	PÉCZELY GY. (Szeged)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RADINOVIĆ, D. (Beograd)
ČADEŽ, M. (Beograd)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
GÖTZ G. (Budapest)	STEINHAUSER, F. (Wien)
GULYÁS O. (Budapest)	STELCZER K. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)	SZEPESI D. (Budapest)
LOGVINOV, K. (Kijev)	TAKEUCHI, K. (Tokio)
MÄDE, A. (Halle/Saale)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
MÉSZÁROS E. (Budapest)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
	VITEK, V. (Praha)

ELNÖK - CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ - EDITOR: LÓRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség - Editorial Office:

H-1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1. HUNGARY

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2.szám 1979. márc. – ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar – Apr 1979 Budapest

О работах Украинского Научно-исследовательского Гидрометеорологического Института (К 25-летию со дня образования)

K. T. ЛОГВИНОВ, Украинский Научно-Исследовательский Гидрометеорологический Институт, Киев

Az *Ukrán Hidrometeorológiai Tudományos Kutató Intézet tevékenysége*. A tanulmány áttekintést ad az 1953-ban alapított Ukrán Hidrometeorológiai Tudományos Kutató Intézet 25-éves tudományos tevékenységéről. Ismerteti a klimatológia, a hirdológia, a szinoptikus és dinamikus meteorológia, az agrometeorológia, valamint az időjárászmódosítás szakterületein elért fontosabb kutatási eredményeket. Az *éghajlatkutatások* kezdetben a klasszikus éghajlati adatfeldolgozások elvégzésére irányultak, ezt követően egyre inkább a fizikai-statisztikai módszerek alkalmazása vált a klimatológiai kutatások eszközévé. Ezek eredményeként jelentek meg az „Ukrájna éghajlata”, „Ukrájna éghajlati atlasza” és „Ukrájna agroklimatológiai atlasza” c. monográfiák. A veszélyes időjárás jelenségek tárgykörében kiterjedt vizsgálatok folytak a fagyok, a záporosók, árvizek, szárazságok és szélviharok klimatológiai sajátosságainak felderítésére. Az aeroklimatológiai vizsgálatok keretében a meteorológiai alap-paraméterek, továbbá a periodikus és nem-periodikus folyamatok sajátosságait elemezték a sztratoszférában rakéta-szondázási adatok felhasználásával. Külön figyelmet fordítottak a Kárpátok ukrájnai területének éghajlati leírására. Mikroklimatológiai vizsgálatokat végeztek a Krm-félszigeten, Kárpát-Ukrájnaiban, az Azóvi-tengerpart vidékén és Ukrájna fagyveszélyes területein. A hatvanas évektől kezdve kutatások kezdődtek az aktív felszín hő- és vízbalanszának meghatározására szolgáló módszerek kidolgozására. A városklíma-kutatások keretében elkészült a Kiev éghajlatát leíró monográfia. A mezőgazdasági kultúrák fejlődési fázisainak értékelésére aerofotometrikus és radiometrikus eljárásokat dolgoztak ki. A felhőképződési és légszennyeződési kutatások keretében elméleti és kísérleti vizsgálatokat folytattak a turbulens diffúzió meghatározására a talajközeli légrétegben. A planetáris határétegben tanulmányozták a turbulencia-együtharható viselkedésének és a turbulens energia disszipációjának sajátosságait. Ezek a vizsgálatok hozzájárultak a felhőzet alsó határának előrejelzésére szolgáló módszerek fejlesztéséhez. Az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet fordítanak az antropogén eredetű légszennyeződés problémájára. 1973-ban diffúzió-meteorológiai laboratóriumot létesítettek, 1976-ban megszervezték a légszennyeződés rövidtávú előrejelzésével foglalkozó részleget. 1974 óta folynak az ipari és közlekedési eredetű légszennyeződés-vizsgálatok a szennyeződési potenciál aeroklimatológiai jellemzőinek meghatározása céljából. A városok és ipartelepek környezetében folyó vizsgálatokat repülőgépes mérés is segítik. A jelenlegi vizsgálatok az éghajlat változását befolyásoló természetes és antropogén (eredetű) tényezők mennyiségi értékelésére szolgáló metodika kidolgozása irányulnak. A *hidrológiai kutatások* egyik alapvető feladatukra Ukrájna és Moldva folyói hidrológiai rezsimjének feltárása. Ezek a kutatások felölelik a folyók, víztárolók, tavak vízhozamának és jégviszonyai törvényszerűségeinek feltárását. A hazai kutatások szempontjából figyelmet érdemelnek az Északkeleti-Kárpátok folyóira vonatkozó kutatások eredményei, továbbá a Tisza tavaszi vízhozamának előrejelzésére kidolgozott távprognosztikai módszerek. A *szinoptikus és dinamikus meteorológiai kutatások* célja az előrejelzési módszerek állandó korszerűsítése a légköri folyamatok regionális sajátosságainak figyelembevételével. E kutatások közül különösen a Kárpátok hegygerincének a ciklonok, frontok, felhő- és csapadékrendszerek áthelyeződésére és módosítására vonatkozó eredmények emelhetők ki. Nagy figyelmet fordítottak a Fekete-tenger

fölötti *depresszió ciklonpályát módosító* hatásának elemzésére, valamint az Észak-Kaukázus környezetében megfigyelhető orografikus ciklonképződés feltételeinek vizsgálatára. A cirkulációs indexek felhasználásával összefüggéseket állapítottak meg a napi középhőmérséklet kritikus értékei stabilis átváltási periódusainak előrejelzésére. Korrelációs kapcsolatokat állítottak fel a felhőzet felső határa és a műholdak által mért radiációs hőmérséklet között. Széles körű kutatómunka segíti a környezetvédelem szempontjából fontos meteorológiai elemek előrejelzését.

A dinamikus meteorológiai kutatások körében a hegységek áramlás- és időjárás-módosító hatásaira, továbbá közepes léptékű mozgások számszerű előrejelzésére szolgáló modellek kifejlesztésére fordítanak különös figyelmet. Fizikai-statisztikai eljárások felhasználásával előrejelzési sémákat dolgoztak ki a havi középhőmérséklet és a csapadék anomáliáinak kéthónapos előrejelzésére. A kutatások eredményeként számos módszertani útmutató jelent meg a helyi előrejelző irodák munkájának elősegítésére. Az *agrometeorológiai kutatások* alapvető célja a fontosabb mezőgazdasági kultúrák agrometeorológiai viszonyainak vizsgálata. A Köztársaság talajainak sajátosságairól és vízháztartási tulajdonságairól több monográfia jelent meg. Kiterjedt kutatásokat végeztek az őszi növénykultúrák áttelelési feltételeinek tárgykörében. Nagyfigyelmet fordítanak a különböző növények hozamának modellezését célzó kutatásokra, az öntözéses gazdálkodás hidrometeorológiai alapjainak kidolgozására, és az optimális vetési időpont előrejelzésére. E kutatások összegezett eredményei agroklimatológiai útmutatóban jelentek meg 1975-ben. A növénykultúrák fejlődésének nyomkövetésére aerovizuális metodikát dolgoztak ki. Kutatások kezdődtek az agrometeorológiai információk ökonomiai hatékonyságának értékelésére. Az Intézet irányítja a Szovjetunió és a Román Szocialista Köztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatával közösen végzett agrometeorológiai távelőrejelzések kidolgozásának munkáját. A *felhőzet és a köd aktív befolyásolásra* irányuló feladatkörön belül egyik kutatási irány a csapadék mesterséges megnövelése. A kísérletek szerint a hideg évszakban a frontális felhőzet mennyiségét 15%-kal, a téli hónapok csapadékát 30–35%-kal sikerült növelni. A Köztársaság nyugati területén 1974 januárjában 63%-os csapadéknövekedést sikerült elérni. Ezek a törekvések a hótakaró megnövelésével az őszi vetések áttelelésének biztosítása szempontjából igen jelentősek. A nyári kísérletek során az egycellás gomolyfelhőzet csapadékát kétszeresére sikerült növelni és a több-cellás felhőzet csapadéka is növekedett. Sikeres eredményekre vezettek a Szevan-tó medencéjében folyó kísérletek is. Nagyfontosságúak a mesterséges befolyásolást megalapozó elméleti vizsgálatok, amelyek a csapadékképződés mechanizmusát, termodinamikáját, valamint a felhőzet mikrostruktúrájának vizsgálatát ölelik fel. A túlhűlt felhők és ködök feloszlására repülőgépről bejuttatott szilárd szénsavat alkalmaznak. Ennek az eljárásnak még korlátozott repülőtéri alkalmazása is igen tetemes anyagi megtakarítást jelent. A fejlesztési kutatások keretében repülőgépes laboratóriumokat és speciális mérőberendezéseket dolgoztak ki. Az Intézetben 25 év alatt összeforrott kutatói kollektíva alakult ki, közülük kilenc fő a tudományok doktora, hatvanöt fő kandidátus. Az elmúlt negyedszázad alatt az Intézet 170 tudományos munkát és több, mint 50 monográfiát jelentetett meg, amelyek terjedelme meghaladja a kétezer nyomtatott ívet.

✕

On the activities of the Ukrainian Hydrometeorological Scientific Research Institute. The paper gives a review of the 25 years of scientific activity carried out at the Ukrainian Hydrometeorological Scientific Research Institute, established in 1953. It describes the more important results of the research in climatology, hydrology, synoptic and dynamic meteorology, agricultural meteorology and weather modification. *Climatic research* at the beginning was related to classical climatological data processing, subsequently physico-statistical methods were increasingly applied. As a result, the monographies entitled "Climate of the Ukraine", "Climatic Atlas of the Ukraine" and "Agroclimatological Atlas of the Ukraine" were published. Extensive investigations were made with a view to determining the climatological characteristics of such dangerous weather phenomena as frosts, rainshowers, floods, droughts and stormy winds. In the field of aeroclimatology, the properties of the basic meteorological parameters as well as of the periodic and aperiodic processes in the stratosphere were analysed using rocket-sonde data. Special attention was paid to the climatological description of the Ukrainian territories of the Carpathian Mountains. Microclimatological studies were made in the Crimean Peninsula, in the Carpathian Ukraine, on the shore of the Sea of Azov and in the frost-prone areas of the Ukraine. From the sixties, research has been carried out to elaborate methods for determining the heat- and water balance of the active surface. In the framework of urban

climate studies, a monography describing the climate of Kiev has been prepared. Aerophotometric and radiometric procedures were elaborated for the evaluation of the development phases of agricultural plants. As regards research in cloud formation and air pollution, theoretical and experimental studies were made in order to determine the turbulent diffusion in the near-ground layer. The characteristics of the coefficient of turbulence and the dissipation of turbulent energy in the planetary boundary layer were also studied. These investigations contributed to the development of methods for forecasting the height of cloud base. In the last few years increasing attention has been devoted to the problem of anthropogenic air pollution. In 1973 a laboratory for diffusion-meteorological studies was established; in 1976 a section for short-range forecasting of air pollution was organized. Since 1974 investigations of air pollution caused by industrial activities and transport have been going on with a view to determining the aeroclimatological characteristics of the pollution potential. The studies are supported also by aircraft measurements over cities and industrial establishments. Current research is aimed at developing a methodology for the quantitative evaluation of both natural and anthropogenic factors which have an impact on climatic changes. One of the basic fields of the *hydrological research* is the determination of the hydrological régime of the rivers of the Ukraine and Moldavia. This involves the definition of relationships governing the water output and ice conditions of rivers, catchments and lakes. From the point of view of related research in Hungary, the results of the studies concerning the rivers in the North-eastern Carpathians, as well as the long-range forecasting methods developed for the prediction of the springtime water output of the Tisza river are particularly noteworthy. The objective of the *research in synoptic and dynamic meteorology* is the constant modernization of the forecasting methods taking into account the regional characteristics of atmospheric processes. In this connexion special mention should be made of the results relating to the effect of the ridge of the Carpathians on the movement and transformation of depressions, fronts, cloud- and precipitation systems. The cyclonetrack-modifying effect of the Black Sea depression, as well as the conditions of orographic cyclogenesis in the North-Caucasian region have been thoroughly analysed. Using circulation indexes, relations have been established for forecasting the stable changing periods of the critical values of daily mean temperature. Correlations were found between the height of cloud top and the radiation temperature measured by satellites. The forecasting of meteorological elements important for environmental protection is supported by an extensive research programme. Of the subjects of research in dynamic meteorology, special attention is given to the modifying effect of mountains on air currents and weather, as well as to the development of numerical models for the forecasting of meso-scale motions. By applying physico-statistical procedures, prediction schemes have been worked out for the preparation of 2-month forecasts of the anomalies of monthly mean temperature and precipitation amount. As a result of this research effort, a number of methodological guides have been published, which are intended to facilitate the work of the local forecasting bureaus. The fundamental purpose of the *agrometeorological investigations* is to study the agrometeorological conditions of the major agricultural plants. The characteristics of the soil types of the Republic and their water budget properties are treated in a number of monographies. Substantial research work is done on the wintering conditions of autumn plant cultures, on the possibilities of modelling the yields of various plants, on the elaboration of the hydrometeorological foundations of irrigation. The summarized results of these investigations were published in the form of an agroclimatological guide in 1975. An aero-visual methodology has been worked out for the monitoring of the phases of development of agricultural plants. Studies have been initiated also for the evaluation of the economic efficiency of agrometeorological information services. The Institute directs the joint undertaking with the hydrometeorological services of the USSR and the Romanian Socialist Republic for the elaboration of long-range agrometeorological forecasts. In the area of *active modification of cloudiness and fog*, one line of research aims at artificial enhancement of precipitation. The results of the experiments show a 15 per cent increase of frontal cloudiness in the cold season and a 30 to 35 per cent increase in the precipitation amount in the winter months. In the western area of the Republic, a 63 per cent precipitation increase was brought about in January 1974. These efforts, which result in an increase of the depth of snow, are very important from the point of view of ensuring the wintering of the autumn cultures. The summer experiments had the result of doubling the precipitation from single-cell convective clouds, and precipitation from multi-cell cloudiness could also be enhanced. Experiments in the basin of Lake Sevan have also been successful. Of great importance are the theoretical investigations which provide the basis for artificial modification. These include the study of the mechanism and thermodynamics of precipitation formation, as well as research into the

micro-structure of cloudiness. Supercooled clouds and fogs are dissipated by seeding from aircraft with dry ice. This procedure, even when applied only to a limited extent at airports, results in very substantial material savings. Within the framework of development researches, aircraft laboratories and special measuring equipment have been designed. During the 25 years a united research community formed at the Institute. The staff includes nine persons with the scientific degree of "Doctor of Sciences" and sixty-five "Candidates of Sciences". In the past quarter of century the Institute published 170 scientific publications and more than 50 monographies with the total volume of over 2000 printed sheets.



В 1978 году исполнилось 25 лет со времени организации Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института.

Результаты исследований Института за эту четверть века являются составной частью работ Гидрометслужбы СССР и Гидрометслужбы Украины, которые за 60 лет Советского государства совершили огромный скачок в развитии целого комплекса гидрометеорологических наук и в применении их достижений для обеспечения запросов народного хозяйства.

Некоторые успехи в научной деятельности института являются, прежде всего, результатом большого внимания и помощи, которые оказывает Гидрометслужбе КПСС и Советское Правительство, а также поддержки со стороны Главного Управления, а теперь Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Мы ценим также товарищескую и дружескую помощь нам со стороны ученых центральных и зональных институтов, работников Управлений Гидрометслужбы и многих зарубежных организаций с которыми у нас установились тесные научные связи.

Ниже дается краткая характеристика некоторых результатов работ института за истекшие годы.

Климатологические исследования

Климатологические исследования на Украине имеют давние традиции, сложившиеся под влиянием работ русских климатологов *А. И. Воейкова*, *П. И. Броунова*, *А. В. Коссовского* и др. Уже в первые годы Советской власти опубликован ряд обобщений, посвященных климату отдельных городов, губерний, регионов республики.

В 30-е годы большое внимание уделялось сбору данных об атмосферных осадках и снежном покрове по всему Союзу и в том числе по Украине.

Для нужд социалистического строительства еще до Великой Отечественной войны начато составление климатического справочника. Сразу же после освобождения Украины эти работы были возобновлены. Они завершились публикацией климатического справочника по Украине и Молдавии (1950 г.). В 1957 г. был издан II том справочника.

В 1950-х годах климатологи института выполнили ряд климатологических работ для обслуживания строительства каскада гидроэлектростанций на Днепре, Южно-Украинского канала и других гидротехнических сооружений Украины, они принимали активное участие в подготовке монографий «Система мероприятий для увеличения выхода с/х продукции со 100 га земли».

Если в первые 10—12 лет существования Института преобладали работы, главным образом, по подготовке климатических справочных изданий, то во второй половине стали преобладать физико-статистические исследования климата и подготовка обобщающих работ по климату Республики.

Важной работой, содержащей описание климата Украины, явилось издание монографии «Климат Украины» (1967), подготовленной при участии *Г. Ф. Прихотько*. В ней обобщены результаты многочисленных исследований по климату Украины, рассмотрены основные климатические характеристики.

В 1964 г. был подготовлен и издан первый «Агроклиматический атлас Украины» под редакцией *С. А. Сапожниковой*. Материалы, помещенные в атласе дают климатическую характеристику Украины, применительно к отдельным видам сельскохозяйственных работ.

Дальнейшее развитие работ в области климатологии позволило создать в 1968 г. «Климатический атлас Украины», подготовленный при активном участии *Е. С. Розовой и Н. И. Гужа*.

В 60-х годах в институте начаты работы по изучению опасных явлений погоды. Было опубликовано ряд исследований: «Бездождь I периоды на Украине», «Заморозки на Украине» и др.

Основной комплекс работ по исследованию опасных явлений погоды был выполнен в 70-х годах.

Комплексная характеристика опасных явлений впервые выполнена с применением ЭВМ по данным метеорологических станций Украины за весь период наблюдений на основе методов математической статистики, что позволило оценить изменчивость явлений, выявить закономерности их распределения, корреляционные связи и др.

Специальные исследования были проведены для района Карпат, где ежегодно возникают катастрофические гидрометеорологические явления: ливни, паводки, сели, ветровальи и др. Их изучение производилось по данным наблюдений стационарных станций и по материалам многочисленных экспедиций.

Результаты исследований изложены в монографиях «Опасные явления погоды на Украине» (1972) и «Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах» (1973).

Наряду с этим, большое внимание уделяется проблеме засух. К исследованию засушливых явлений, разработке методов их прогноза и приемов борьбы с засухой привлекаются специалисты различных профилей.

Тщательно была исследована засуха 1972 г., результаты представлены в работе «Особенности засухи 1972 года на Украине» (1973).

Одним из направлений аэроклиматических работ в Институте являлось исследование процессов, происходящих в стратосфере. УкрНИГМИ был в числе немногих научно-исследовательских учреждений, принявших участие в указанных работах.

Исследование стратосферы проводилось по данным ракетного зондирования советских и зарубежных станций северного полушария.

Полученные статистические параметры о распределении температуры, ветра, давления и плотности воздуха для советских и зарубежных станций были представлены в ряде справочных изданий.

Результаты исследования изложены в монографии «Метеорологические параметры стратосферы» (1970).

Были исследованы также закономерности периодических и непериодических процессов в стратосфере.

Работы по исследованию климата Украинских Карпат выполняются совместно с учеными социалистических стран Европы, систематически докладываются на Международных совещаниях по метеорологии Карпат, печатаются в специальных сборниках и трудах конференций.

Большой объем исследований выполнен в институте в области микроклиматологии. Микроклиматические исследования, начатые еще в 50-х годах, позволили осуществить микроклиматическое районирование Южного берега Крыма, Закарпатья и Приазовья. Особое внимание было уделено вопросам морозоопасности территории Украины и ее учету в сельскохозяйственном производстве.

Разработана специальная методика количественной (бесприборной) оценки морозоопасности территории колхозов и совхозов, которая уже более 10 лет используется на сети метеостанций УССР.

Наряду с работами по изучению климата Украины, в 60-х годах были начаты исследования теплового и водного баланса подстилающей поверхности как физической основы генезиса погоды и климата. Были разработаны упрощенные методы расчета составляющих теплового и водного баланса по данным наблюдений метеорологических станций.

Получены количественные характеристики компонент баланса для отдельных видов ландшафта, исследована их роль в формировании внутримассовой погоды и отдельных атмосферных явлений, развивающихся в приземном слое и на уровне подстилающей поверхности.

Основные результаты исследований по этому разделу работ опубликованы в монографии «Тепловой и водный режим Украины» (1966), «Атласе составляющих теплового и водного баланса Украины», изданном в 1966 г., «Энергетические ресурсы климата Украины» (1967), «Тепловой баланс Украины и Молдавии» (1970) и др.

Большой коллектив киевских ученых (УкрНИГМИ, УкрГМО, Госуниверситета, Мединститута и др.) завершил подготовку монографии: «Климат Киева».

Получили развитие работы, связанные с дистанционной неконтактной оценкой характеристик подстилающей поверхности с помощью авиации. Разработаны аэрофотометрический и радиометрический методы дистанционной оценки состояния сельскохозяйственных культур.

В институте проведены экспериментальные и теоретические исследования процессов турбулентной диффузии в пограничном слое атмосферы при различных условиях облакообразования и загрязнения воздуха.

Изучены профили метеорологических элементов в пограничном слое и структура воздушного потока у земной поверхности.

Рассмотрены вопросы параметризации пограничного слоя атмосферы в условиях степной зоны Украины и определения коэффициента турбулентности и скорости диссипации энергии турбулентности.

Исследованы закономерности формирования пограничного слоя атмосферы при слоистой облачности, что дало возможность разработать оперативный метод прогноза нижней границы облаков.

По плану научно-технического сотрудничества с социалистическими странами институт принимал участие в выполнении темы «Распределение температуры воздуха, ветра и атмосферных осадков в Карпатах», в настоящее время составлен раздел «Температура воздуха» для всей горной зоны Карпат.

В последние годы институт все большее внимание уделяет проблеме загрязнения воздуха примесями антропогенного происхождения. Острота этой проблемы для нашей республики очевидна.

Для обеспечения поступающих запросов в 1973 г. в институте создана лаборатория диффузионной метеорологии, а в 1976 г. организована лаборатория краткосрочных прогнозов загрязнения воздуха. В 1972—1975 гг. в железнорудном карьере Кривбасса проведен ряд экспедиций для изучения микроклимата карьера, особенностей строения приземного слоя, условий воздухообмена и загрязнения воздуха в карьере в зависимости от внешних метеорологических условий. Проведенное на их основе исследование завершилось разработкой методики оценки интенсивности воздухообмена и загрязнения воздуха в карьере, а также рекомендаций по метеорологическому обслуживанию горнорудного производства.

С 1974 г. начато комплексное изучение загрязнения воздушного бассейна выбросами промышленности и транспорта. По данным наблюдений на сети станций Украины оценена тенденция изменений концентрации примесей антропогенного происхождения в воздухе; исследовано состояние загрязнения воздушного бассейна отдельных городов, рассчитаны аэроклиматические характеристики потенциала загрязнения.

Кроме анализа данных наземных наблюдений, проведены самолетные исследования вертикального распределения и ареала распространения атмосферных загрязнений вокруг крупных городов и промышленных центров Украины, рассмотрено влияние загрязнения на радиационный режим приземного слоя и подстилающей поверхности.

Выполняются работы по изучению условий и обоснованию мероприятий по регулированию выбросов электростанций с учетом требований охраны окружающей среды.

Ученые Института тесно сотрудничают с Госкомитетом СМ УССР по охране природы, принимая участие в работе Бюро НТС Госкомитета.

В настоящее время ученые-климатологи Украинского НИГМИ занимаются разработкой методов количественной оценки естественных и антропогенных факторов эволюции климата, исследованием опасных явлений погоды.

Развитие гидрологических исследований

Известно, что гидрология в СССР достигла высокого уровня развития и во многих областях занимает ведущую роль в мировой науке. Большое развитие получили гидрологические исследования и на Украине.

Проведение крупных водохозяйственных мероприятий, связанных с проектированием и строительством Каскада ГЭС на Днепре, работы по освоению малых рек Украины обусловили широкое развитие исследований, расчетов и прогнозов водного режима рек.

К числу важных работ, оказавших большое влияние на развитие гидрологических исследований на Украине относятся работы = М. А. Великанова, Е. В. Оппокова, А. В. Огиевского, В. А. Назарова и др.

После создания института и включения в последующем в его состав гидрологов бывшего Института гидрологии и гидротехники АН УССР работы в области гидрологических расчетов и прогнозов были значительно расширены.

Одним из существенных итогов явилось обобщение данных о гидрологическом режиме рек Украины и Молдавии, завершившееся изданием четырехтомного справочника по водным ресурсам, а затем фундаментального издания «Ресурсы поверхностных вод СССР».

Важное место в научных исследованиях отдела гидрологических исследований занимали работы по усовершенствованию методов расчета норм годового стока и его изменчивости, позволившие существенно уточнить карты изолиний годового стока и параметров его колебаний.

Не менее важное место занимают работы по подсчету водных ресурсов, составлению водных балансов водосборов, физико-географических зон республики и определению степени влияния на них хозяйственной деятельности, а также исследования и расчеты максимального стока талых и дождевых вод. Разрабатываются методы упрощенных расчетов движения волн попусков в нижних бьефах ГЭС, волн паводочного стока в реках и водохранилищах. Дальнейшее развитие получили в институте исследования по минимальному стоку рек, изучению влияния карста на гидрологический режим рек, а также обобщению данных по стоку наносов, ледово-термическому режиму, сгонно-нагонным явлениям и др.

Исследования селей в Украинских Карпатах и Горном Крыму позволили составить классификацию селей, разработать методику расчета различных их характеристик и дать оценку селеопасности рассматриваемых территорий.

Проведено изучение закономерностей формирования весеннего стока с учетом поглощения бассейном талых вод, снегозалегаия. Выполненные по этим вопросам исследования позволили разработать методы долгосрочных прогнозов притока воды в днепровские водохранилища, гидрографов этого притока, максимальных расходов воды, дат начала половодья и наступления максимальных расходов воды. Для горных рек Карпат предложены методы прогноза уровней и расходов воды, а также методы долгосрочных прогнозов объемов весеннего стока рек Днестра и Тисы.

Исследование условий ледообразования в низовьях р. Дуная позволило разработать ряд методов прогноза ледовых явлений.

Большой коллектив сотрудников в порядке международного сотрудничества участвует в работах по проблеме «Гидрология Карпат», охватывающей широкий круг исследований по годовому, максимальному и минимальному стоку карпатских рек, изучению твердого стока и распределения снежного покрова в речных бассейнах.

В порядке международного сотрудничества с придунайскими странами выполнялось исследование «Условия вскрытия советского участка р. Дуная». В процессе исследования произведена количественная оценка основных факторов и их вклада в развитие процесса вскрытия.

Исследования по синоптической и динамической метеорологии

Одной из важнейших задач института является разработка и усовершенствование методов прогноза погоды с учетом региональных особенностей атмосферных процессов.

Значительные исследования выполнены по изучению влияния Карпат на атмосферные процессы.

Теоретической основой для многих региональных исследований эволюции барических образований и осадков над горными районами Союза и, в частности, над Карпатами послужили работы И. А. Кибеля. На их основе рассмотрены вопросы орографических изменений циклонов, перемещающихся через Карпаты на Украину, а также эволюции осадков на фронтах, перемещающихся через горы.

Большое внимание уделялось исследованию динамического (склонового) и теплового влияния Карпат на осадки и разработке методов анализа и прогноза орографической эволюции осадков, а также прогноза сильных дождей над Карпатами и Предкарпатьем.

Изучена структура и эволюция облачности в циклонах над Украиной с ис-

пользованием информации с искусственных спутников Земли и радиолокационных данных. Были построены схемы распределения облачности в различных стадиях циклонов в орографически сложных условиях юго-запада ЕТС.

В 1968—1976 гг. исследованы условия возникновения ветровалов леса в Карпатах. Экспедиционные обследования лесов в горах, выполнявшиеся Карпатской экспедицией, послужили основой для выявления очагов локального усиления ветра и ветровалов леса.

Проведенный анализ условий цикло- и антициклогенеза над югом ЕТС позволил уточнить представления об условиях возникновения циклонических образований над югом Украины в летнее время и стационарирования антициклонов на юго-востоке ЕТС.

Сформулированы выводы о влиянии Черноморской депрессии на эволюцию и условия перемещения южных циклонов на ЕТС и ее роли в распределении аномалий температуры и осадков над югом ЕТС.

Проведен анализ орографического циклогенеза на Северном Кавказе, изучена его связь с макросиноптическими процессами, составлены рекомендации к прогнозу образования и развития орографических циклонов в этом районе.

В результате сопоставления интегральных кривых хода индекса циркуляции с температурой в зимне-весенний период были установлены зависимости позволяющие прогнозировать в конце зимы сроки устойчивого перехода на Украине среднесуточной температуры воздуха через 0° , $+5^{\circ}$ и $+10^{\circ}$.

Установлена корреляционная зависимость между высотой верхней границы облачности по радиолокационным измерениям в радиусе 50 и 100 км, и радиационной температурой, получаемой с ИСЗ.

Определены количественные характеристики трансформации воздушных масс, перемещающихся на территорию Украины в холодное время года.

Разработан синоптико-статистический метод краткосрочного прогноза высоких уровней загрязнения воздуха в городах.

Проведены исследования по анализу и разработке методов прогноза различных видов тумана и ухудшенной видимости.

Выполнены также работы по оценке экономической эффективности прогнозов туманов.

Изучены режим и аэросиноптические условия формирования сильных пыльных бурь на Украине.

Исследованы условия формирования фронтальных и внутримассовых гололедов на Украине, получены основные характеристики и предложена методика для их прогноза.

Исследованы условия возникновения сильных метелей на Украине, разработаны прогностические рекомендации.

Уточнены синоптические признаки образования сильных ветров в Предкарпатье и в долине бассейна Днестра.

Выполненные в институте исследования по динамической метеорологии, посвящены вопросам общей динамики атмосферы и разработке схем численного прогноза погоды. Установлены важные особенности деформации воздушных течений над горными хребтами.

Построены модели теплых и холодных фронтов с надфронтальными и подфронтальными облачными системами.

Предложена схема численного прогноза ветра в баротропном и бароклинном вариантах, основанная на расчете агеострофических составляющих ветра. Разработана методика численного прогноза погоды с применением полных уравнений гидродинамики. На основе этой методики построена телескопическая схема регионального численного прогноза с учетом среднemasштабных движений и с двусторонним взаимодействием процессов, отражаемых крупномасштабными и мелко-сеточными расчетами.

Проведены исследования в области долгосрочного предсказания погоды, завершившиеся разработкой физико-статистических схем прогноза аномалий среднемесячной температуры воздуха для ЕТС, Западной Сибири и Казахстана и аномалий осадков для ЕТС — с двухмесячной заблаговременностью.

Результаты выполненных исследований по разработке методов прогноза погоды широко используются в работе прогностических подразделений Управления Гидрометслужбы УССР. Они представлены в Руководстве по краткосрочным прогнозам погоды. За последние годы Центральной методической комиссией по прогнозам Госкомитета одобрен и рекомендован к внедрению ряд разработанных в отделе методик прогноза.

По результатам исследований составлены многие методические записки, которые публикуются в специальных информационных письмах и передаются в оперативные прогностические подразделения.

Агрометеорологические исследования

Агрометеорологические исследования института берут начало от работ основоположника агрометеорологии, известного русского ученого *П. И. Броунова*. До создания института в 30-е и 40-е годы на Украине выполнялись отдельные работы по исследованию различных элементов теплового режима с.-х. полей. Исследовалось влияние солнечной радиации на развитие растений, а также неблагоприятных условий зимнего периода на перезимовку озимых.

С созданием Института усилия агрометеорологов были направлены на изучение агрометеорологических условий формирования урожая основных культур: озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы и др.

Было проведено обобщение и систематизация материалов по агрогидрологическим свойствам почв и издан справочник, а также завершена подготовка и издана монография *Н. Г. Иовенко* о водно-физических свойствах и водном режиме почв Украины.

Большое внимание в этот период уделялось исследованию связи фенологических показателей с гидрометеорологическими условиями.

Значительные исследования по изучению влияния зимних условий на перезимовку озимых культур проведены *В. М. Личикаки*. Для оценки условий перезимовки им введено понятие коэффициента морозоопасности.

Выполнены также работы по изучению влияния метеорологических условий на качество урожая сахарной свеклы, рассмотрен комплекс метеорологических элементов, вызывающих появление фитофторы картофеля. Важным результатом этого периода явилось издание агроклиматических справочников по Харьковской и Полтавской областям.

Важным этапом в исследованиях связи урожая с гидрометфакторами явился поиск и разработка подходов к моделированию урожайности сельскохозяйственных культур.

В начале была разработана схема учета влияния погодных факторов на прирост растительной массы и урожай и проведен корреляционный анализ урожайности с гидрометеорологическими элементами или их комплексами, а затем разработана модель связи погоды с урожаем.

Большой объем работ выполнен по исследованию режима фотосинтетически активной радиации и продуктивности посевов.

Значительное место в исследованиях связи урожая с элементами погоды занимали работы по гидрометеорологическим основам орошаемого земледелия. Разработаны методы расчета сроков и норм полива основных сельскохозяйственных культур: озимой пшеницы, кукурузы, сахарной свеклы и картофеля.

Результаты выполненных работ были использованы для усовершенствования модели урожайности сельскохозяйственных культур.

На основе этой модели разработаны методики расчета и прогноза урожайности озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы, картофеля, сахарной свеклы и подсолнечника.

Начато детальное изучение роли засушливых явлений и условий перезимовки в формировании урожайности сельскохозяйственных культур.

Выполнены работы по обоснованию нового показателя засушливости в виде водного дефицита листа, отражающего реакцию растения на недостаток влаги. Одновременно проводились исследования, направленные на улучшение технологии возделывания отдельных культур.

Разработан метод расчета ежегодных оптимальных сроков сева озимой пшеницы. Рассмотрены вопросы целесообразности посева озимой пшеницы при недостатке осадков в степи, оптимизации структуры посевных площадей, а также густоты посевов кукурузы в зависимости от сорта и целей выращивания.

Особо следует отметить подготовку и издание в 1975 году «Краткого агроклиматического справочника Украины», который содержит рекомендации об использовании метеорологических данных для обоснования и корректировки большого комплекса сельскохозяйственных работ в условиях дальнейшей специализации и концентрации сельскохозяйственного производства.

Разработаны методики автомаршрутных обследований посевов сахарной свеклы и аэровизуальных наблюдений.

Подготовлена методика наблюдений за состоянием рисовых полей.

Начаты исследования по оценке экономической эффективности агрометеорологической информации. В частности, предложены способы расчета экономической эффективности методов расчета оптимальных сроков сева озимой пшеницы, своевременности посева кукурузы, оптимизации структуры посевных площадей и др.

Многие результаты законченных научно-исследовательских работ изданы в виде методических указаний, пособий и руководств.

В последние годы сотрудники отдела агрометеорологии принимают участие в подготовке специальных оперативных материалов по вопросам перезимовки озимых, расчета и прогноза весенних влагозапасов, прогноза урожайности и др., проводимых Украинским Бюро Погоды.

Институт координирует исследования по проблеме «Разработка методов долгосрочных агрометеорологических прогнозов», которые выполняются по плану научно-технического сотрудничества Гидрометслужбы СССР и Института метеорологии и гидрологии СРР. В результате исследований по этой проблеме в СССР подготовлен ряд методических пособий по агрометпрогнозам.

Активные воздействия на облака и туманы

Проблема управления погодой занимает одно из ведущих мест в современной гидрометеорологии.

Одной из задач этой проблемы, получившей широкое развитие является искусственное увеличение атмосферных осадков. Исследования, направленные на разработку эффективных методов увеличения, или регулирования осадков, ведутся в ряде стран уже на протяжении 30 лет. В США, Мексике, Японии и др. на протяжении многих лет проводятся работы по увеличению осадков, дающие положительный эффект. Уровень увеличения осадков составляет в США 15—20%, а в некоторых проектах достигает 50% и более.

Регулярные исследования в этой области начаты в институте в 1959 г. на экспериментальном метеорологическом полигоне, оборудованном густой осадкомерной сетью, средствами радиолокационного контроля результатов воздействия и радионавигационными установками для обеспечения полетов самолетов.

В первые годы большое внимание было уделено разработке методики и технологии воздействия, а также контролю результатов. В последующем были разработаны многие методические вопросы: установление критериев пригодности облаков к засеву, расчета зоны увеличения осадков по данным о ветре и др.

Полученные к 1966 году результаты воздействий на фронтальные облака холодного периода показали возможность увеличения зимних облаков на 15%.

Результаты последующих опытов показали, что регулярные засева всех зимних облаков могут увеличить осадки четырех зимних месяцев на 33—35%.

С целью проверки полученных ранее выводов в январе 1974 г. и январе 1975 г. было проведено два месячных эксперимента по регулярному увеличению осадков над заранее заданным районом, имевшим вид круга радиусом 10 км.

Увеличение осадков над заданной территорией в январе 1974 г. составило 63%, в январе 1975 г. — 41%.

Следует отметить, что достигнутое увеличение осадков, которое сопровождалось образованием снежного покрова высотой 3—7 см, само по себе может иметь положительное влияние на перезимовку озимых культур.

Воздействие на летние облака. С самого начала работ в области активных воздействий задача разработки методов искусственного регулирования летних осадков была основной, так как летние осадки играют главную роль в произрастании сельскохозяйственных культур.

Основной объем воздействий на летние облака выполнен с использованием твердой углекислоты и иодистого серебра — реагентов с наиболее высокой льдообразующей активностью.

Работы по воздействию на первом этапе исследований возглавил Г. Ф. Прихотько. Был получен предварительный вывод об увеличении летних осадков на 10—15%.

В последующих экспериментах объектом воздействия были индивидуальные мощно-кучевые облака.

Обработка данных этих опытов показала, что среднемесячное увеличение осадков на полигоне составляет 0,15 мм, или около 0,4% месячной суммы в летний период, т. е. засев мощно-кучевых облаков не может иметь существенного практического значения.

Как известно, основным источником летних осадков во многих районах страны являются кучево-дождевые облака. В степной зоне Украины они дают 70—85% от общей суммы летних осадков. В связи с этим был проведен эксперимент по воздействию на эти облака. Облака засеивались иодистым серебром с помощью самолетного генератора, в котором сжигается раствор реагента в аетоне. Засев проводился у основания облака, в области восходящих токов. Опыты рандомизированы.

Всего в 1973—1977 гг. было проведено 84 опыта, из них 58 с засевом и 26 без засева.

Согласно проведенной оценке, засев одноячейстых облаков приводит к двукратному увеличению осадков, у многоячейстых облаков при воздействии количество осадков также увеличивается. Эти результаты могут иметь важное практическое значение.

С 1973 года институт принимает участие в работах по воздействиям на облака с целью увеличения осадков в бассейне озера Севан. В этом районе дополнительные осадки могут стать средством поддержания водного баланса озера на требуемом уровне.

Исследования показали наличие в бассейне облаков, пригодных для воздействия, как в летний, так и в зимний периоды.

Важное значение в работах по искусственному воздействию на облака занимают теоретические исследования, которые в последние годы проводились на основе применения системы уравнений, включающей кинетические уравнения для облачной микроструктуры.

Моделирование фронтальных смешанных облаков показало, что в смешанных и кристаллических облаках может существовать существенное пересыщение по отношению ко льду. Это свидетельствует о недостаточной эффективности естественного механизма осадкообразования, неспособного в ряде ситуаций превратить в осадки весь термодинамически доступный водяной пар.

Этот запас способного к сублимации водяного пара и служит основным источником искусственных осадков и причиной отсутствия «тени» осадков, т. е. зоны уменьшения осадков по направлению движения облаков. С помощью этих моделей было предсказано существование колебаний микроструктуры и интенсивности осадков, дано теоретическое объяснение наблюдаемым закономерностям при воздействии на зимние фронтальные облака.

Одномерная нестационарная модель смешанного кучевого облака использовалась для моделирования воздействия на одноячейстые кучево-дождевые облака. Было показано, что ведение в облако ядер искусственной кристаллизации при определенных условиях может привести к увеличению осадков на 100%.

Моделирование слоистых облаков и туманов в пограничном слое атмосферы позволило теоретически объяснить ряд экспериментальных данных о развитии облаков и туманов, получить теоретическую модель «среднего» слоистого облака и провести моделирование процесса воздействия на туманы.

Помимо искусственного регулирования осадков, в институте получили развитие работы по другим направлениям проблемы воздействий.

Одной из важных работ явилась разработка методики рассеяния переохлажденных облаков и туманов твердой углекислотой с самолета. Методика успешно применяется для раскрытия аэропортов ГВФ. Даже при ограниченном масштабе работ экономический эффект составляет несколько десятков тысяч рублей в год.

В институте развита теория генерирования ледяных кристаллов гранулой твердой углекислоты, на основании которой даны рекомендации по усовершенствованию методов засева облаков.

Выполнен значительный объем исследований по разработке методов рассеяния туманов парения, поиску новых реагентов для воздействия и исследованию их свойств. Получили также развитие радиолокационные исследования, посвященные разработке методов измерения осадков и контроля активных воздействий.

Широко ведутся самолетные исследования по физике облаков и осадков. Значительные работы по воздействиям проводят сотрудники отдела экспериментальных исследований (г. Днепропетровск) и полевой экспериментальной метеорологической базы в с. Жовтневе.

Важный вклад в работы по активным воздействиям внесли *Г. Ф. Прихотько*

и Г. И. Перелет, инициаторы и первые организаторы этих работ, безвременно ушедшие из жизни.

В институте получили также развитие опытно-конструкторские и связанные с ними научно-исследовательские работы по созданию самолетов-лабораторий, специальной наземной и самолетной аппаратуры для исследования параметров атмосферы и искусственного воздействия.

За истекший период было переоборудовано 4 самолета ИЛ-14 и созданы летающие лаборатории.

В связи с работами по воздействию в районе о. Севан в настоящее время проводятся подготовительные работы к созданию лаборатории на базе самолета ЯК-40.

По плану научно-технического сотрудничества с социалистическими странами Институт участвовал в выполнении темы «Исследования физических процессов в облаках и разработок методов активного воздействия на них». В результате исследований разработаны основы методики регулярного воздействия на зимние облака с целью увеличения осадков над заданным районом. Подтверждена возможность увеличения количества осадков, выпадающих из кучево-дождевых облаков при воздействии на них. Разработана численная модель формирования осадков при засевах зимних фронтальных облаков.

Коллектив специалистов НИГМИ в своей научной деятельности широко использует материалы наблюдений сети станций и постов, а также специализированных агрометеорологических, водно-балансовых и селестоксовых станций Управлений гидрометслужбы Украины и Молдавии. Для обеспечения научной тематики ежегодно проводятся также широкие экспедиционные работы.

За истекшие 25 лет в Институте создан крупный научный коллектив, в который входят 9 докторов и 65 кандидатов наук. За эти годы учеными Института подготовлено 170 выпусков трудов и более 50 монографий, общим объемом свыше 2000 п. л., а также большое число различных справочных изданий.

Многие работы Института экспонировались на выставках достижений в народном хозяйстве — союзной и республиканской.

В ближайшие годы ученые института должны существенно пополнить арсенал синоптиков и гидрологов-прогнозистов новыми методами прогнозов погоды и гидрологического режима. Должны получить широкое применение методы прогноза урожая основных культур, разработанные в институте, а также новые приемы оценки состояния культуры с помощью авиационных средств. Будут завершены климатические описания городов Киева, Днепропетровска, Одессы, а также выполнено описание климата Крыма.

Более широкое применение получат разработанные в институте приемы и методы искусственного увеличения осадков и рассеивания туманов. Значительное развитие должны получить работы по контролю различных сфер природной среды и, в частности, загрязнения воздуха.

Будут выполнены работы, связанные с гидрометеорологическим обоснованием строительства крупных объектов 10-й пятилетки на Украине.

Будут завершены работы по созданию методики прогноза ряда опасных явлений природы, включая селевые потоки, лавины.

Продолжены работы по гидрологическому обеспечению АСУ водными ресурсами Днепра. Существенно должно улучшиться техническое оснащение выполняемых работ.

Ниже дается список основных монографий, подготовленных учеными института за истекший период.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агрогидрологические свойства основных типов почв Украинской ССР. Под ред. И. З. Лапы. — «Труды УкрНИГМИ», 1955, вып. 2, 98 с.
- [2] Бучинский И. Е.: Климат Украины. Л., Гидрометеиздат, 1960, 307 с.
- [3] Иовенко Н. Г.: Водно-физические свойства и водный режим почв УССР. Л., Гидрометеиздат, 1960, 352 с.
- [4] Гопацкая М. Н.: Заморозки на Украине. Киев, 1961, 65 с. (на укр. языке).
- [5] Розова Е. С.: Бездождные периоды на Украине. Киев, 1961, 70 с. (на укр. языке).
- [6] Агроклиматический атлас Украинской ССР. Под ред. С. А. Сапожниковой. Киев, «Урожай», 1964, 36 с.
- [7] Вишневский П. Ф.: Ливни и ливневый сток на Украине. Киев, «Наукова думка», 1964, 291 с. (на укр. языке).
- [8] Железняк И. А.: Регулирование паводочного стока. Л., Гидрометеиздат, 1965, 326 с.
- [9] Константинов А. Р., Сакал Л. И., Гойса Н. И., Олейник Р. Н.: Тепловой и водный режим Украины. Л., Гидрометеиздат, 1966, 592 с.

- [10] Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 6, Украина и Молдавия, вып. 4, Крым. Под ред. М. М. Айзенберга и М. С. Каганера. Л., Гидрометеоздат, 1966, 343 с.
- [11] Пикри Н. В.: Методы и приборы гидрометрии (исследование и разработка). Л., Гидрометеоздат, 1967, 208 с.
- [12] Климат Украины. Под ред. Г. Ф. Прихотько, А. В. Ткаченко, В. Н. Бабиченко. Л., Гидрометеоздат, 1967, 413 с.
- [13] Волеваха Н. М., Гойса Н. И.: Энергетические ресурсы климата Украины. Киев, «Наукова думка», 1967, 132 с. (на укр. языке).
- [14] Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 6, Украина и Молдавия, вып. 3, бассейн Северского Донца и реки Приазовья. Под ред. М. С. Каганера. Л., Гидрометеоздат, 1967, 491 с.
- [15] Леонов М. П., Перелет Г. И.: Активные воздействия на облака в холодное полугодие. Л., Гидрометеоздат, 1967, 151 с.
- [16] Прихотько Г. Ф.: Искусственные осадки из конвективных облаков. Л., Гидрометеоздат, 1968, 176 с.
- [17] Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 6, Украина и Молдавия, вып. 1, Западная Украина и Молдавия. Под ред. М. С. Каганера. Л., Гидрометеоздат, 1969, 884 с.
- [18] Гидрометеорологическая служба Украины за 50 лет Советской власти. Отв. ред. Т. К. Богатырь и К. Т. Логвинов. — «Труды УкрНИГМИ», 1970, вып. 81, 272 с.
- [19] Логвинов К. Т.: Метеорологические параметры стратосферы. Л., Гидрометеоздат, 1970, 220 с.
- [20] Сакали Л. И.: Тепловой баланс Украины и Молдавии. Л., Гидрометеоздат, 1970, 334 с.
- [21] Константинов А. Р., Астахова Н. И., Левенко А. А.: Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. Л., Гидрометеоздат, 1971, 126 с.
- [22] Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 6, Украина и Молдавия, вып. 2, Среднее и Нижнее Поднепровье. Под ред. М. С. Каганера. Л., Гидрометеоздат, 1971, 654 с.
- [23] Половина И. П.: Воздействия на внутримассовые облака слоистых форм. Л., Гидрометеоздат, 1971, 216 с.
- [24] Логвинов К. Т., Бабиченко В. Н., Кулаковская М. Ю.: Опасные явления погоды на Украине. — «Труды УкрНИГМИ», 1972, вып. 110, 236 с.
- [25] VI конференция придунайских стран по гидрологическим прогнозам. Сборник докладов, кн. 1—3. Под ред. Л. Г. Онуфриенко, В. А. Ромащенко, Киев, «Урожай», 1972, 465 с.
- [26] Волеваха В. А., Ромушкевич В. И.: Суховеи на Украине. Киев, КГУ, 1972, 140 с. (на укр. языке).
- [27] Логвинов К. Т., Раевский А. Н., Айзенберг М. М.: Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах. Л., Гидрометеоздат, 1973, 198 с.
- [28] Доклады VI Международной конференции по метеорологии Карпат 17—22 сентября 1973 г. Отв. ред. К. Т. Логвинов, Обнинск, 1975, 615 с.
- [29] Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. Отв. ред. К. Т. Логвинов, Л., Гидрометеоздат, 1973, 164 с.
- [30] Особенности засухи 1972 г. на Украине. Под ред. К. Т. Логвинова. Л., Гидрометеоздат, 1973, 32 с.
- [31] Мучник В. М.: Физика грозы. Л., Гидрометеоздат, 1974, 351 с.
- [32] Личинаки В. М.: Перезимовка озимых культур. М., «Колос», 1974, 205 с.
- [33] Радиационные процессы в атмосфере и на земной поверхности. Отв. ред. Гойса Н. И. Л., Гидрометеоздат, 1974, 463 с.
- [34] Краткий агроклиматический справочник Украины. Под ред. К. Т. Логвинова. Л., Гидрометеоздат, 1976, 256 с.
- [35] Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Каскад днепровских водохранилищ. Под ред. М. С. Каганера. Л., Гидрометеоздат, 1976, 348 с.
- [36] Кошеленко И. В.: Туманы. — «Труды УкрНИГМИ», 1977, вып. 155, 156 с.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2. szám. 1979. márc. – ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar – Apr 1979 Budapest

Zeitliche Änderungen im spektralen Verhalten der Zeitreihe Monatssummen des Niederschlags nach BAUR

M. OLBERG, Bereich Meteorologie und Geophysik der Sektion Physik der Humboldt-Universität, Berlin

Időbeli változások a csapadék havi összegei Baur-szerinti idősorának spektrális eloszlásában. A csapadékösszegek Baur-szerinti idősorában (1851–1976) fellépő 4–5 éves periódusokat numerikus szűrő-eljárással, megmaradási hajlamukat pedig átkaroló Maximum-Entrópia-Spektrálanalízissel (MES-analízis) vizsgáltuk. Úgy találtuk, hogy ez az ingás 1875–1925 között nem szignifikáns. Ebben az időszakban olyan 3–4 éves periódust találtunk, amely az 1920 körüli években átment 4–5 éves periódusú ingadozásba. Az idő-frekvencia diagramon a csapadéksor spektrális eloszlásának időbeli változásai úgy jutnak kifejezésre, hogy a kiemelkedő periódusok eltolódnak a magas frekvenciák felől az alacsonyabbak felé.

✱

Zusammenfassung: Die in der Zeitreihe der Niederschlagssummen nach Baur (1851–1976) auftretende 4 bis 5jährige Periode wird mit Hilfe eines numerischen Filters und einer gleitende Maximum-Entropie-Spektralanalyse auf ihre Persistenz untersucht. Es zeigt sich, daß diese Schwingung in den Jahren 1875 bis 1925 nicht signifikant ausgeprägt ist. In diesem Zeitabschnitt tritt eine 3 bis 4jährige Periode auf, die in den Jahren um 1920 in die Schwankung mit der Periode von 4 bis 5 Jahren übergeht. Ein Zeit-Frequenz-Diagramm bringt die zeitliche Veränderung des spektralen Verhaltens der Niederschlagsreihe so zum Ausdruck, daß eine Verlagerung der hervortretenden Perioden von hohen zu tiefen Frequenzen angedeutet wird.

✱

1. Einleitung

Die von Baur angegebenen synthetischen Reihen der Monatsmitteltemperaturen für Mitteleuropa und der Monatssummen des Niederschlages (siehe Linke/Baur [11], Baur [3, 4]) eignen sich für statistische Untersuchungen hinsichtlich des Persistenzverhaltens und der Vorhersagbarkeit monatlicher Anomalien besonders gut. Für die Temperaturreihe sind solche Untersuchungen in den Publikationen von Teich [20] und Olberg [14] vorgenommen worden. Hier sollen zeitliche Veränderungen im spektralen Verhalten der Niederschlagsreihe untersucht werden.

Bei der spektralen Analyse meteorologischer Zeitreihen setzt man im allgemeinen ein stationäres Verhalten voraus und bekommt dann Aussagen über gewisse Periodizitäten in der untersuchten Zeitreihe. Ist eine bestimmte Schwingung in der Zeitreihe nicht über den gesamten vorliegenden Zeitabschnitt der betrachteten Reihe vorhanden, sondern nur in einzelnen Teilintervallen des gesamten Beobachtungszeitraumes, dann kann in dem nach der konventionellen Methode (siehe z. B. Blackman und Tukey [6] berechnetem Leistungsspektrum durch den bei der diskreten Fourier-Transformation der Autokorrelationskoeffizienten auftretenden Glättungseffekt diese

Periodizität stark reduziert werden beziehungsweise fast verschwinden. Die Aufdeckung solcher zeitlichen Schwankungen im spektralen Verhalten, die durch den instationären Charakter der hinter meteorologischen Zeitreihen stehenden Zufallsprozesse bedingt sind, ist für Fragen der Vorhersagbarkeit von besonderer Bedeutung.

Aussagen über zeitliche Veränderungen periodischer Schwankungen in meteorologischen Zeitreihen können für bestimmte Frequenzbereiche mit Hilfe der Bandpaß-Filtertechnik gewonnen werden (siehe z. B. Schönwiese [7, 8]). Zur Erfassung der Variabilität des Spektrums einer Zeitreihe über

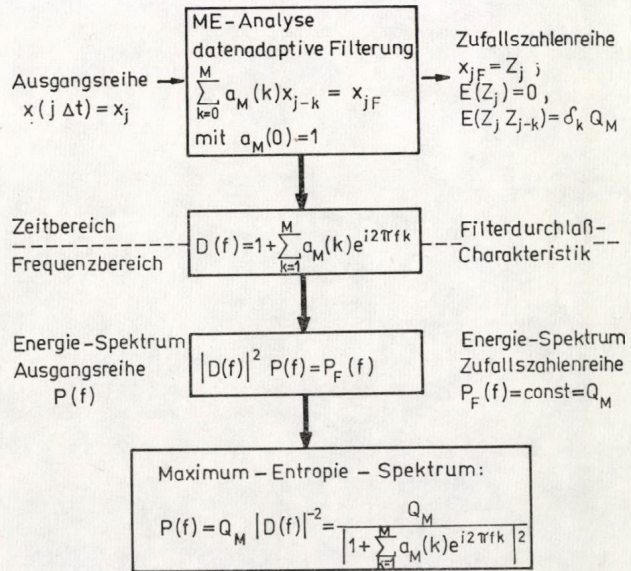


Abb. 1: Blockscheema der Maximum-Entropie-Spektral-Analyse (MESA).

den gesamten, auflösbaren Frequenzbereich ist das in den letzten zehn Jahren entwickelte und erprobte Verfahren der Maximum-Entropie-Spektral-schätzung besonders gut geeignet. Dieses Analyseverfahren erlaubt die Untersuchung auch kurzer Zeitreihen. Daher kann man die gegebene Zeitreihe in einzelne kurze, sich mehr oder weniger überlappende Teilreihen zerlegen und für diese jeweils eine Maximum-Entropie-Spektralanalyse (MESA) durchführen. Anhand der sich ergebenden, aufeinanderfolgenden Maximum-Entropie-Spektren kann die zeitliche Veränderung im spektralen Verhalten der untersuchten Zeitreihe eingeschätzt werden (siehe dazu Aurass u. a. [2]).

Zeichnet man in einem Zeit-Frequenz-Diagramm der ME-Spektren Isolinien gleicher Spektralwerte ein, dann erhält man ein anschauliches Bild der zeitlichen Änderungen des spektralen Verhaltens der bearbeiteten Zeitreihe. Dieses Analyseverfahren soll hier an der vorher genannten Niederschlagsreihe erprobt werden.

2. Prinzip der MES-Analyse und Spektren der Niederschlagsreihe

Die Maximum-Entropie-Methode (siehe z. B. Lacoss [10], Ulrych [21], Bishop und Ulrych [5], Fryer u. a. [8], Aurass u. a. [2]) stellt im Zeitbereich eine spezielle datenadaptive Filterung dar, die eine gegebene Zeit-

reihe in eine Zufallszahlenreihe transformiert. Im Frequenzbereich folgt aus der Durchlaßcharakteristik des Filters sofort das Maximum-Entropie-Spektrum. *Abb. 1* zeigt eine kurze Skizze dieses Spektralanalyseverfahrens.

Wegen $a_M(0) = 1$ ist der datenadaptive Filter mit den Gewichten $a_M(k)$ für $k = 1, 2, \dots, M$ gleichzeitig ein Extrapolationsfilter, der die Berechnung des j -ten Wertes der Zeitreihe aus den M vorangehenden Werten der Reihe erlaubt, d. h.

$$x_j = - \sum_{k=0}^M a_M(k) x_{j-k} + x_{jF}. \quad (1)$$

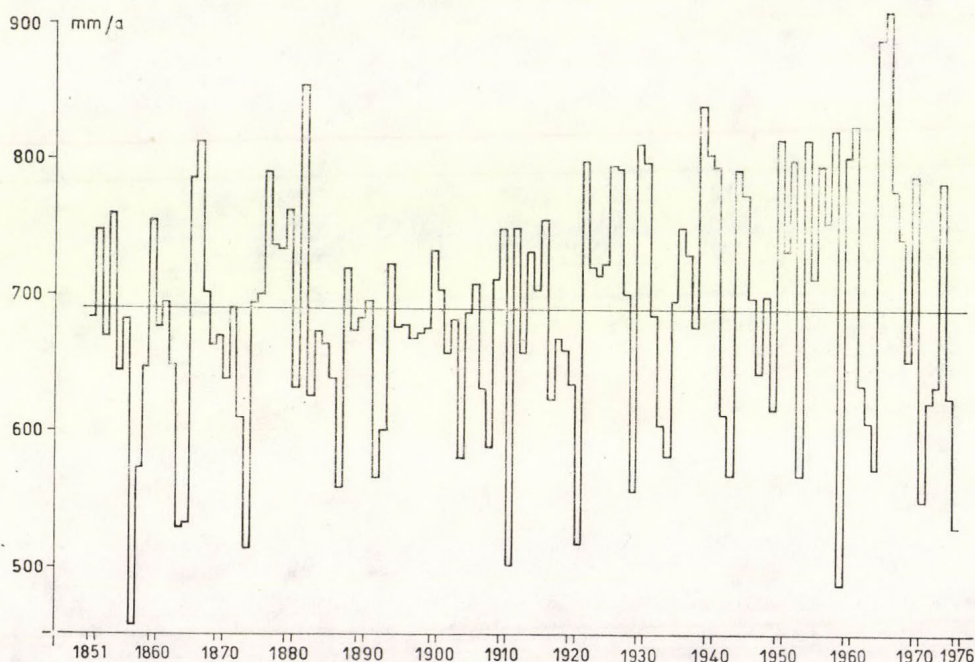


Abb. 2: Niederschlagsjahressummen nach Baur (1851 – 1976).

In der *Abb. 1* bedeutet x_{jF} damit den Fehler der Extrapolation der einzelnen Werte. Die Koeffizienten $a_M(k)$ werden bei vorgegebenem M so bestimmt, daß der Erwartungswert des quadratischen Extrapolationsfehlers $Q_M = E(X_{jF})^2$ ein Minimum wird in Abhängigkeit von den $a_M(k)$.

Mit diesen Bedingungen sowie dem Kronecker-Symbol $\delta_j = 1$ für $j = 0$ und $\delta_j = 0$ für $j \neq 0$ ergeben sich für die Autoregressions oder Filterkoeffizienten die Bestimmungsgleichungen

$$\sum_{k=0}^M a_M(k) r_{j-k} = \delta_j Q_M \text{ für } j = 0, 1, 2, \dots, M, \quad (2)$$

wobei M die Ordnung der Autoregression und

$$r_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N-j} x_{k+j} x_k \quad (3)$$

die Autokovarianzkoeffizienten der N Werte umfassenden Zeitreihe x_k sind.

Die Festlegung der Ordnung M des autoregressiven Prozesses nimmt man mit Hilfe des sogenannten Final-Prediction-Errors $FPE(M)$ vor. M wird so gewählt, daß

$$FPE(M) = \frac{N + M + 1}{N - M - 1} Q_M \quad (4)$$

ein Minimum wird (siehe z. B. Akaike [1]).

Die Frequenzauflösung der MESA ist gegenüber der konventionellen Spektralanalyse weit größer, so daß bereits eine realisierte Schwingung zur

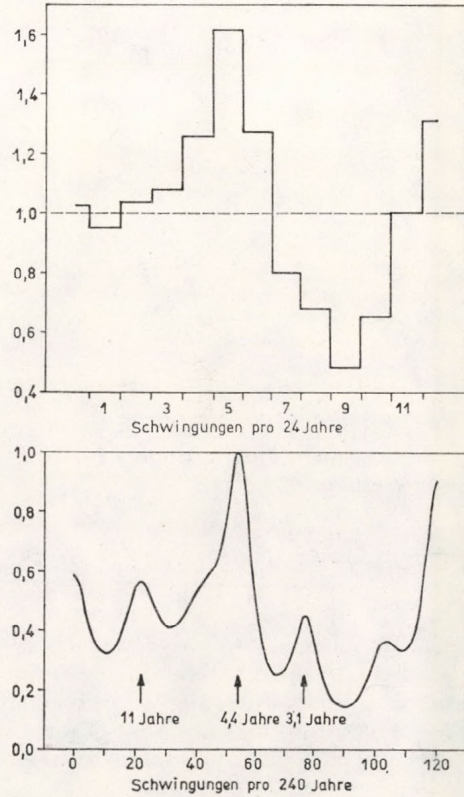


Abb. 3: Konventionelles und MEI-Spektrum der Niederschlagsjahressummen.

Festlegung ihrer Frequenz genügt (siehe z. B. Chen und Stegen [7]). Der Nachteil der Maximum-Entropie-Methode zur Schätzung des Energiespektrums einer Zeitreihe ist ihre schlechte Varianzanteilwiedergabe. Dieser Nachteil wird aber durch die scharfe Frequenzauflösung aufgewogen. Die Maximum-Entropie-Methode der Spektraluntersuchung soll nun auf die Reihe der jährlichen Niederschlagsmengen angewendet werden.

Abb. 2 zeigt zunächst die graphische Darstellung dieser Reihe der jährlichen Niederschlagsmengen der Jahre 1851 bis 1976. Diese 126 Werte wurden insgesamt einer Spektralanalyse einmal nach der konventionellen zum anderen nach der ME-Methode unterworfen. In Abb. 3 sind die Ergebnisse der beiden Spektralanalysen der Jahressummen des Niederschlages

dargestellt. Dabei sind die Spektralwerte auf das weiße Spektrum bzw. auf das Maximum des ME-Spektrums normiert.

Bedingt durch die höhere Frequenzauflösung bei der MESA erkennt man im ME-Spektrum neben dem markanten Gipfel bei einer Periode von 4,4 Jahren noch hervortretende Frequenzbänder bei Perioden von 11 und 3 Jahren (siehe dazu auch das ME-Spektrum der Potsdamer Niederschlagsreihe in *Olberg* [15]). Das Spektrum der Niederschlagsjahressummen im Bereich der NYQUIST-Frequenz soll hier nicht näher betrachtet werden;

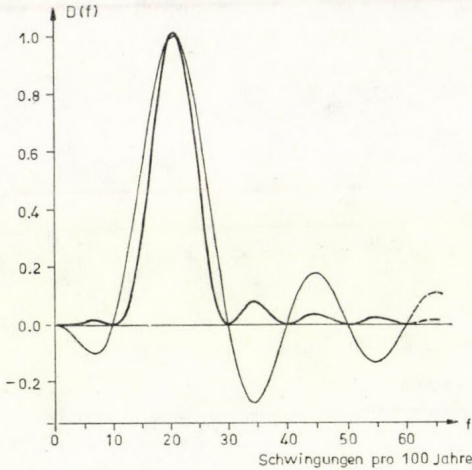


Abb. 4: Frequenzdurchlaßfunktion des verwendeten numerischen Filters.

es deutet auf Schwingungen im Frequenzbereich der bekannten ca. zweijährigen Schwankung hin.

3. Filterung der Niederschlagsreihe im Frequenzband einer 4- bis 5jährigen Schwingung

Zur Einschätzung der zeitlichen Veränderung der herausragenden 4- bis 5jährigen Periode wurde die Zeitreihe der Monatssummen des Niederschlages einer Bandpaß-Filterung unterzogen. Um einen geeigneten, in dem genannten Frequenzband arbeitenden numerischen Filter zu erlangen, wurde eine Filterung mit den symmetrischen Kosinusgewichtsfunktionen

$$w(k) = \begin{cases} \frac{1}{m} \cos \frac{\mu\pi k}{m} & \text{für } |k| = 0, 1, 2, \dots, m-1 \\ \frac{1}{2m} \cos \frac{\mu\pi k}{m} & \text{für } |k| = m \\ 0 & \text{für } |k| > m \end{cases} \quad (5)$$

angesetzt. Mit Hilfe der Parameter μ und m des harmonischen Bandfiltersatzes kann der maximale Frequenzdurchlaß und die Durchlaßbandbreite des digitalen Filters variiert werden (siehe *Kertz* [9], *Taubenheim* [19]). Hier wurden die Parameter $\mu=2$ und $m=60$ gewählt.

Die der Gewichtsfunktion (5) entsprechende Frequenzdurchlaßfunktion ergibt sich durch diskrete *Fourier*-Transformation nach einigen weiteren Umformungen zu

$$D(f) = (-1)^\mu \frac{\sin 2\pi m f \Delta t}{2m} \cdot \frac{\sin 2\pi f \Delta t}{\sin^2 \pi f \Delta t - \sin^2 \mu \pi / 2m} \quad (6)$$

wobei der äquidistante Zeitabstand Δt in unserem Falle einen Monat beträgt. Für die Frequenz $f = \mu / (2m \Delta t)$ nimmt die Durchlaßfunktion (6) den Wert 1 an, d. h. für $\mu = 2$ und $m = 60$ bei einer Schwingung in 5 Jahren. In *Abb. 4* zeigt die dünnere Kurve den Verlauf der Durchlaßfunktion für $\mu = 2$ und $m = 60$. Ihr Maximum hat die Durchlaßfunktion bei der Frequenz $f = 21 / (100 \text{ Jahre})$, d. h. bei einer Periode von 4,8 Jahren. Daher ist der Gewichtesatz (5) mit $\mu = 2$ und $m = 60$ zur Filterung der Niederschlagsreihe im Frequenzband einer 4 bis 5-jährigen Schwingung gut geeignet.

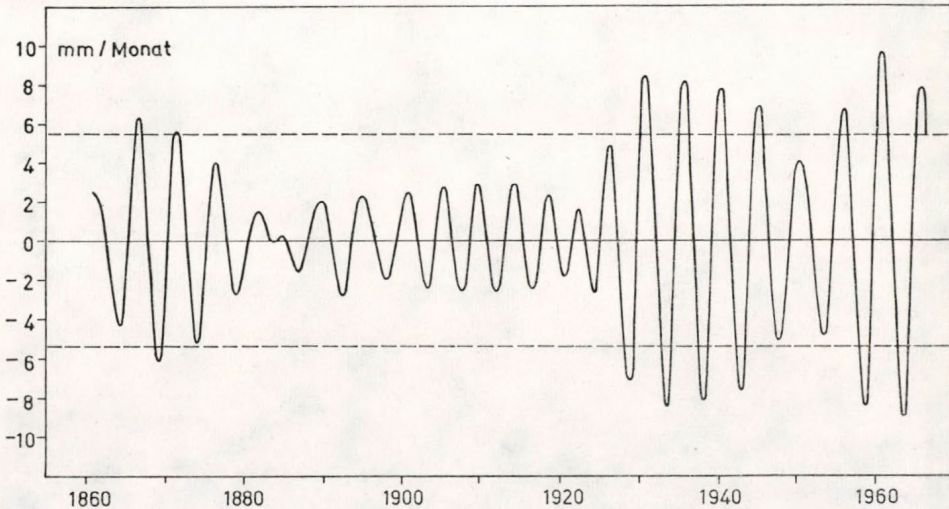


Abb. 5: Gefilterte Reihe der Monatssummen des Niederschlags im Frequenzbereich der annähernd 5jährigen Schwingung mit eingezeichnetem Signifikanzbereich.

Man kann allerdings den störenden, negativen Frequenzdurchlaß der Nebenbänder in *Abb. 4* beseitigen, wenn man eine zweimalige Filterung mit den Gewichten (5) vornimmt. Die Zweifachfilterung kann jedoch durch eine Einfachfilterung mit den sich aus den Gewichten $w(k)$ ergebenden Gewichten

$$W(k) = \begin{cases} \sum_{j=|k|-m}^m w(j) w(|k|-j) & \text{für } |k| = 0, 1, 2, \dots, 2m \\ 0 & \text{für } |k| > 2m \end{cases} \quad (7)$$

ersetzt werden (siehe *Olberg* [13]). Mit dem Gewichtesatz (7) wurde hier gearbeitet.

Die zu den Gewichten (7) gehörige Frequenzdurchlaßfunktion ist das Quadrat der Durchlaßfunktion $D(f)$. In *Abb. 4* stellt die dickere Kurve den Verlauf von $D(f)^2$ dar. Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß die Durchlaßbandbreite des Filters ($D(f)^2 \geq 0,5$) zwischen den Perioden 6 und 4 Jahre liegt.

Abb. 5 zeigt das Ergebnis der numerischen Filterung der Niederschlagsreihe. Man erkennt, daß die bereits mit Hilfe der Spektralanalyse gefun-

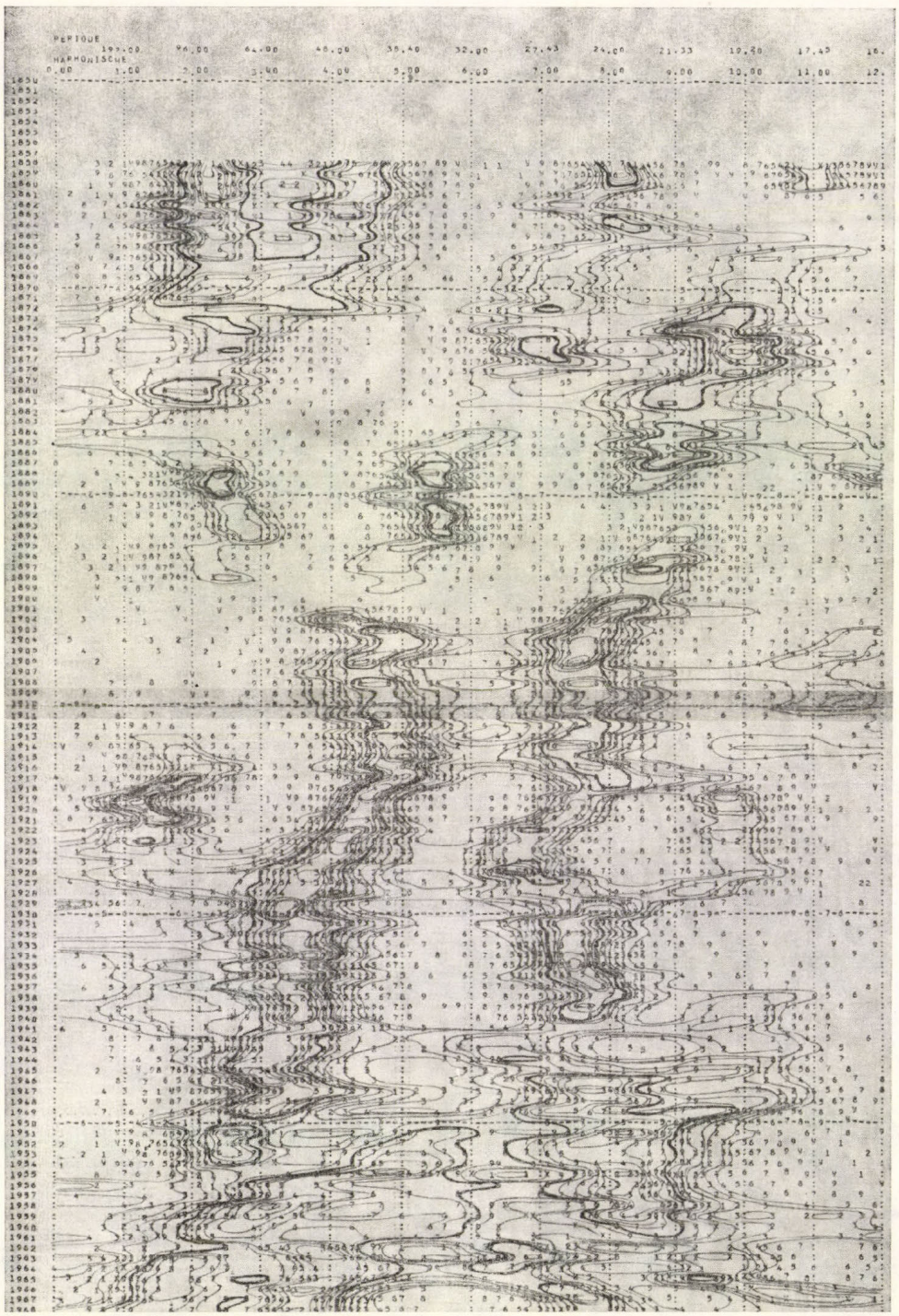


Abb. 6: Isolinienbild gleicher Spektralwerte für die Niederschlagsjahressummen (Periode auf der Abszisse in Monaten, die Zahlen auf dem Bild bedeuten Isolinienniveaus beim Computerausdruck).

dene annähernd 5jährige Periode nicht in allen Zeitabschnitten gleich gut ausgeprägt ist. Das durch die Gleichung

$$H_s^2 = 2 \sigma^2 \left(W_0 + u_s \sqrt{\frac{2}{N} \left(1 + 2 \sum_{j=1}^{N-1} \left(1 - \frac{j}{N} \right) W_j^2 \right)} \right) \quad (8)$$

gegebene Signifikanzniveau der periodischen Schwingung (siehe dazu *Olberg* [12, 13]) berechnet man zu $H_s = \pm 0,24 \sigma = 5,4$ mm/Monat. Die Dispersion σ der Niederschlagsreihe wurde durch die Streuung $s = 22,65$ mm/Monat abgeschätzt. In der Gleichung (8) ist u_s die einseitige Signifikanzgrenze der Normalverteilung ($u_{0,05} = 1,645$), $N = 60$ die Anzahl der monatlichen Abtastwerte der Reihe in 5 Jahren und W_j die sich aus den benutzten Filtergewichten nach Gleichung (7) ergebenden Produktsommen. Als statistisches Vergleichsmodell wurde ein Zufallsprozess mit weißem Spektrum gewählt.

In den Jahren zwischen 1875 und 1925 und in den Jahren um 1950 ist die ca. 5 jährige Schwankung danach nicht signifikant.

4. Gleitende MES-Analyse der Niederschlagsreihe

Über das spektrale Verhalten der Niederschlagsreihe über den gesamten Frequenzbereich in den für die 5jährige Schwankung nichtsignifikanten Zeitabschnitten gibt das mit Hilfe einer gleitenden MESA konstruierte Zeit-Frequenz-Diagramm der *Abb. 6* (nach *Olberg* und *Rosenow* [16]) Auskunft. Die Erstellung dieses Isolinienbildes geschah so, daß beginnend mit dem Jahre 1851 Zeitintervalle von jeweils 16 Jahren gleitend herausgegriffen wurden und für jedes Intervall eine MESA durchgeführt wurde. Anhand der sich ergebenden aufeinanderfolgenden Maximum-Entropie-Spektren und deren anschauliche Darstellung in einem Zeit-Frequenz-Diagramm (Isolinien Verhaltens der untersuchten zeitreihe gut eingeschätzt werden.

Man erkennt wieder die Ausprägung der 4–5jährigen Schwingung in den Jahren 1860 bis 1875 und markant ab 1925. Weiter ist zu ersehen, daß auch die in *Abb. 3* angedeutete Periode von ca. zwei Jahren ein recht differenziertes Verhalten zeigt. Detailliertere Untersuchungen zu dieser Schwingung im Niederschlagsverhalten wurden nicht vorgenommen.

In den Jahren zwischen 1875 und 1925, in denen die 4–5jährige Periode nicht signifikant ist, tritt eine 3 bis 4jährige Periode auf, wie aus der *Abb. 6* zu entnehmen ist. Im ME-Spektrum der *Abb. 3* ist diese Periode ebenfalls angedeutet. Diese Schwankung geht in den Jahren um 1920 über in die Schwankung mit der Periode von 4 bis 5 Jahren.

Bemerkenswert in der *Abb. 6* ist die sich im Zeitablauf ergebende Verlagerung der hervortretenden Perioden von hohen zu tiefen Frequenzen, so daß sich im Zeit-Frequenz-Diagramm eine „Achsenneigung“ der Spektralgipfel ergibt. Dieses eigenartige, beim Niederschlag zu beobachtende Spektralverhalten könnte auf die Anregung langer Wellen in der Atmosphäre durch kürzere hindeuten.

Da das Niederschlagsverhalten eines Gebietes wesentlich durch das dort herrschende Zirkulationsregime geprägt wird, müßte dieser Effekt auch bei den Spektren der Zeitreihen der Zirkulationsformen zu beobachten sein. Eine gleitende MESA der Zeitreihen der zonalen und meridionalen Zirkulationsformen nach *Hess–Brezowsky* ergab im Zeit-Frequenz-Diagramm ein ähnliches Bild insbesondere für die bekannte annähernd 2jährige Schwankung im Zirkulationsverhalten der Atmosphäre (siehe *Olberg* und *Rosenow* [16]).

LITERATUR

- [1] Akaike, H.: Statistical Predictor Identification. *Ann. Inst. Stat. Math.* 22 (1970), 203–217.
- [2] Aurass, H.: Grässl, S.: Kurths, J.: Zur Schätzung von Leistungsspektren geophysikalischer Registrierungen unter besonderer Berücksichtigung der Maximum-Entropie-Methode. *Gerlands Beitr. Geophysik* 86 (1977), 121–136.
- [3] Baur, Fr.: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur Mitteleuropas vom 210jährigen Mittelwert (1761–1970) in °C. Beilage zur Berliner Wetterkarte des Inst. f. Meteorologie der FU Berlin vom 24.6. 1975.
- [4] Baur, Fr.: Abweichungen der Monatsmengen des Niederschlags in Deutschland westlich der Oder in Ltr/m², Mittel aus 14 Stationen, vom 120jährigen Mittelwert 1851–1970. Beilage zur Berliner Wetterkarte des Inst. f. Meteorologie der FU Berlin vom 24. 6. 1975.
- [5] Bishop, T. N., Ulrych, T. J.: Maximum Entropy Spectral Analysis and Autoregressive Decomposition. *Reviews Geophys. and Space Phys.* 13 (1975), 183–200.
- [6] Blackman, R. B., Tukey, J. W.: The Measurement of Power Spectra. New York 1958.
- [7] Chen, W. Y., Stegen, G. R.: Experiments with Maximum Entropy Power Spectra of Sinusoids. *J. Geophys. Research* 79 (1974), 3019–3022.
- [8] Fryer, G. J., Odegard, M. E., Sutton, G. H.: Deconvolution and Spectral Estimating using Final Prediction Error. *Geophysics* 40 (1975), 411–425.
- [9] Kretz, W.: Filterverfahren in der Geophysik. *Gerlands Beitr. Geophysik* 75 (1966), 1–33.
- [10] Lacoss, R. T.: Data Adaptive Spectral Analysis Methods. *Geophysics* 36 (1971), 661–675.
- [11] Linke, Fr., Baur, Fr.: Meteorologisches Taschenbuch, I. Band, 2. Aufl. Leipzig 1962, 740–748, II. Band, 2. Aufl. Leipzig 1970, 696.
- [12] Olberg, M.: Statistische Beurteilung gefilterter geophysikalischer Beobachtungsreihen bei Zugrundelegung eines weißen Rauschens. *Gerlands Beitr. Geophys.* 81 (1972), 65–72.
- [13] Olberg, M.: Signifikanzprüfung bandgefilterter geophysikalischer Beobachtungsreihen mit rotem Spektrum. *Gerlands Beitr. Geophys.* 83 (1974), 129–140.
- [14] Olberg, M.: Zum Persistenzverhalten der Monatsmitteltemperatur-Abweichungen für Mitteleuropa nach Baur. *Időjárás*, 80 (1976), 134–143.
- [15] Olberg, M.: Langperiodische Schwankungen der Strahlungsbilanz, des Niederschlages und des Trockenheitsindex in Potsdam. *Z. Meteorologie* 29 (1979), im Druck.
- [16] Olberg, M., Rosenow, W.: Zeitliche Änderungen im spektralen Verhalten meteorologisch-klimatologischer Datenreihen. *Z. Meteorologie* 29 (1979), in Vorbereitung.
- [17] Schönwiese, C. D.: Schwankungsklimatologie im Frequenz und Zeitbereich. *Wiss. Mitt. Meteor. Inst. München* Nr. 24, 1974.
- [18] Schönwiese, C. D.: Central England Temperature and Sunspot Variability 1660–1975. *Archiv Met. Geophys. Biokl.*, Ser. B. 26 (1978), 1–16.
- [19] Taubenheim, J.: Statistische Auswertung geophysikalischer und meteorologischer Daten. Leipzig 1969.
- [20] Teich, M.: Statistische Untersuchung zur Vorhersagbarkeit monatlicher Temperaturanomalien. *Időjárás* 78 (1974), 140–154.
- [21] Ulrych, T. J.: Maximum Entropy Power Spectrum of Truncated Sinusoids. *J. Geophys. Research* 77 (1972), 1396–1400.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2. szám. 1979. márc. — ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar — Apr 1979. Budapest

Aeroclimatology of the Earth's Atmosphere I. Humidity, II. Temperature

F. RÁKÓCZI. *Chair of Meteorology, L. Eötvös University, Budapest*

A földi légkör aeroklimatológiája. I. Légnedvesség. A tanulmányban közölt eredmények az alábbiak: *a)* A telítési gőznyomásnak és a maximális specifikus nedvességnek mind a két féltekén, és az egész földi légkörben évi menete van, nyári maximummal és téli minimummal. Az északi félgömb légkörének a vizet befogadó képessége nagyobb. *b)* A tényleges gőznyomásnak és a specifikus nedvességnek a talajszinten évi menete van mind a két féltekén. Az egész Föld esetében azonban legfeljebb gyenge évi menet mutatható ki. A talajszinti adatok alapján a déli félteke légköre a nedvesebb. A déli féltekén a viszonyok kiegyensúlyozottabbak. *c)* A légkör teljes víztartalmának a vizsgálata azt mutatja, hogy mind a két féltekén határozott évi menet lép fel, a teljes légkörre vonatkozóan pedig gyenge évi menet mutatható ki. Úgy tűnik, hogy a légkör vízháztartása egyensúly felé törekszik. A légkör teljes vízkészletének évi átlaga 12,7.10¹² tonna, maximális értéke 13,6.10¹² tonna (júl-aug), minimuma pedig 11,9.10¹² tonna (január). A két félteke közül az északi féltekén találunk több vízgőzt, a déli féltekén az évi átlag csak az északi félteke átlagértékének 91%-a. *II. Léghőmérséklet a)* A talajszinten mind a déli, mind az északi félteke hőmérsékletének egy hullámú évi menete van; az északi féltekén az évi menet amplitúdója nagyobb, mint a délin. A két félteke ellentétes hőmérsékleti menetének ellenére, az amplitúdók különbsége miatt, a Föld légköre hőmérsékletének is van évi menete. A különböző sorozatokból levezetett hőmérsékleti értékek nem mutatnak szignifikáns különbséget, kivéve az 1970-ből levezetett adatot. *b)* A virtuális hőmérsékletnek mind a két féltekén évi menete van; az északi féltekén az évi menet aszimmetrikus és amplitúdója is nagyobb. Évi menete van az egész légkör virtuális hőmérséklete havi átlagainak is. *c)* A különböző izobár felszínnek hőmérséklete a 100 mb-os szintig az északi féltekén magasabb, mint a délinek a különbség a magassággal csökken. A 100 mb-os szinten a déli félteke légkörének a hőmérséklete a magasabb. *d)* Az 1000 és 700 mb közötti légoszlop virtuális középhőmérsékletének évi átlaga az északi féltekén nagyobb, mint a déli féltekén; ez az eltérés az amplitúdókra is érvényes. Az 1000-tól 500 mb-ig terjedő légoszlop virtuális középhőmérsékletének az északi féltekén aszimmetrikus, a déli félgömbön szimmetrikus évi menete van. Az évi amplitúdó az északi féltekén a déli félteke amplitúdójának többszöröse. A Föld légkörének átlagos virtuális hőmérséklete is évi menetet mutat. *e)* A hőmérsékleti gradiensek értékei a troposzférában a 300 mb-os szintig mind a két féltekén a magassággal növekszenek, a 300 és 100 mb között pedig csökkennek. *f)* Nincs szignifikáns különbség a sztratoszféra hőmérsékletére a különböző szerzők által levezetett adatok között. Mind nyáron, mind télen a 100 mb-tól 10 mb-ig terjedő légréteg átlagos hőmérséklete a magassággal nő.

✱

I. Humidity

Some of the aeroclimatological parameters of the Earth's atmosphere, such as the total mass of the atmosphere, its water vapour content at a given moment, are well known. Standard atmospheres taken to be valid for the whole atmosphere are also used. As regards the zonal distribution of the climatological elements, a number of tables on the zonal averages of temperature, pressure, water content are available. All these are widely used not only in estimating climatological normals but also in

determining the parameters of numerical models of the general circulation. We do not, however, know of any attempts aimed at characterizing the climate of the hemispheres and of the whole atmosphere on the basis of the zonal averages by means of parameters which may be regarded as normal values. The purpose of this paper is just to carry out such studies.

We have set the aim to investigate the following elements: 1. humidity, 2. temperature, 3. pressure and geopotential field, 4. effective radiation 5. definition of standard, empirical normal atmospheres. Since it is impractical to condense the results of these investigations into a single study, our findings concerning the different elements will be given in separate chapters.

In view of the complexity of the task, it will be sometimes unavoidable, when dealing with a given parameter, to refer to results for which the numerical values will be published only in a later study. We have, however, strived at ensuring the possibility of checking all the data appearing in the series of studies, as well as their applicability as base material for further investigations. The data are, therefore, presented in a tabular form, except that graphs are given in cases when such presentation is considered absolutely necessary for the sake of descriptiveness.

a) *Parameters of the Earth, references, method of computing the averages.* As is known, the Earth may be considered a sphere with a radius of 6371 km. It is also known that the form of the Earth is not a perfect sphere but a geoid or rather a "pear", but it is a generally accepted practice to replace the real Earth by a sphere with a surface of 5101×10^{15} cm².

The most conspicuous feature of the Earth is that its surface is constituted by oceans and continents. In this respect there is an asymmetry between the two hemispheres: The proportion of oceans is 81 % on the Southern Hemisphere but only 61 % on the Northern Hemisphere.

The two hemispheres differ also in respect of orography. The average elevation of the continents above the mean sea level is 284 m on the Northern Hemisphere and 216 m on the Southern Hemisphere. The difference of 68 m is appreciable in itself, but the contrast will be seen even sharper when considering that the mass of the Antarctic greatly increases the average of the Southern Hemisphere, since the average elevation of the Antarctic is 1420 m between 70° S and 80° S and 2272 m between 80° S and 90° S (Sellers, 1969).

It would be difficult to explain some phenomena of the Earth's climate without taking into account the above mentioned particularity of the relief.

As stated in the introduction, our objective is to deduce the aeroclimatological characteristics of the Earth's atmosphere. It is very difficult to collect, for a study of this kind, data which are homogeneous in the classical sense. Our main basic sources are: Climate of the upper air, Southern Hemisphere (Taljaard *et al.*, 1969); Normal Weather Charts for the Northern Hemisphere (1952), as well as the works of Gavrilova (1973), Spirina (1970) and Hanevskaja (1967, 1975). Of course, works of other authors are also used, and appropriate references are generally given. Where no special reference is made, data from the first seven publications mentioned were used for the calculations.

In all the works referred to above, but also in others not mentioned here, the basic data refer to zonal averages. The hemispheric averages are deduced from these zonal averages, and the characteristics relating to the whole Earth are represented by the arithmetic means of the respective hemispheric data.

In order to arrive at a reasonably accurate estimation, it is evidently necessary to apply a weighting in using the averages relating to the different latitudinal circles. In our earlier study (Rákóczi, 1974), the weighting function

$$w(\varphi) = \frac{\cos \varphi}{\cos 45^\circ}$$

was successfully used when dealing with a similar problem, this function is, therefore, used also throughout the present series of papers.

b) *Methods.* The following humidity parameters are discussed: Saturation vapour pressure and maximum specific humidity, actual vapour pressure and specific humidity, relative humidity and precipitable water.

The saturation vapour pressure E may be determined from the appropriate temperature data (Rákóczi, 1978 a) by means of the Magnus-formula:

$$E = 6,10 \cdot 10^{\frac{7,45 t}{235+t}} \text{ [mb]} \quad (1)$$

where t is the temperature. The maximum specific humidity (S) is given by

$$S = 622 E/p \text{ [g/kg]}, \quad (2)$$

where p is the atmospheric pressure.

For determining the precipitable water, *Gavrilova* (1975) used the formula

$$h = 10^{-3} \int_0^h A(h) dh \text{ [mm/cm}^2] \quad (3)$$

where $A(h)$ denotes the absolute humidity and h the height.

The actual vapour pressure e has been obtained from (1) by replacing t by the dew point τ .

Having the values of E and e , the relative humidity U may be easily determined from the well-known formula:

$$U = e/E \cdot 100 \text{ [%]} \quad (4)$$

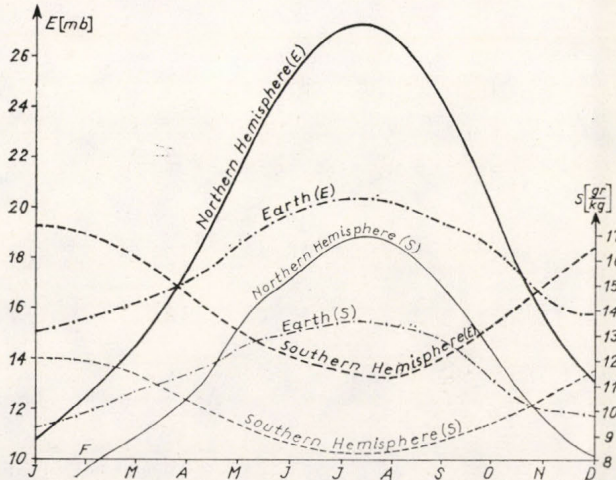


Figure 1: Annual course of the saturation vapour pressure and the maximum specific humidity Southern Hemisphere, Northern Hemisphere Earth

c) *The saturation vapour pressure (E) and the maximum specific humidity (S).* Since the saturation vapour pressure is a function of only the temperature, its yearly variations can be determined from the corresponding variations of the temperature. The yearly course of the temperature for the two hemispheres and for the whole Earth has been determined also by us.

The saturation vapour pressure is a very important characteristic as it shows how much water vapour can be stored in the atmosphere under given circumstances.

The maximum specific humidity is of similar significance, but for its calculation it is necessary to have available also the values of the atmospheric pressure in addition to the temperature data. The annual course of pressure for the two hemispheres and for the whole Earth have also been determined by us.

The annual course of saturation vapour pressure and maximum specific humidity for the ground level is shown in *Figure 1*.

In the Northern Hemisphere, the maximum value of the saturation vapour pressure (27,1 mb) occurs in June, and the minimum (10,8 mb) is found in January. The yearly variation is therefore represented by a single wave, with minimum in winter and maximum in summer. The yearly range is quite large, 16,5 mb. Also the standard deviation has a high value: 5,9 mb. The yearly mean of the saturation vapour pressure amounts to 19,2 mb.

The annual course of saturation vapour pressure shows a single wave also in the Southern Hemisphere with the minimum (13,3 mb) in August and the maximum (19,3) in January. The yearly mean is 16,2 mb, the yearly range 6,0 mb, and the standard deviation of the data 2,24 mb.

From a comparison of the data for the two hemispheres it will be seen that the yearly mean of the saturation vapour pressure is by round 3 mb greater in the Northern Hemisphere. This means that the energetic conditions allow more water vapour to be contained in the air in the Northern Hemisphere than in the Southern Hemisphere.

It is also clearly seen from *Figure 1* that the conditions in the Southern Hemisphere are much more balanced than in the Northern Hemisphere; this fact is confirmed by both the standard deviation of the data and the amplitudes. The standard deviations of the values in the Southern Hemisphere are merely 50 % of those in the Northern Hemisphere. From the physical point of view, this can be fully explained by the different proportions of the oceans and continents.

As regards the total atmosphere, the saturation vapour pressure shows a one-maximum annual course as a consequence of the different, asymmetric behaviour of the two hemispheres. The maximum value (20,4 mb) is reached in July, and the minimum (15,1 mb) occurs in January. The amplitude is 5,4 mb and the standard deviation 1,87 mb.

The yearly variation of the maximum specific humidity shows a great similarity to that of the saturation vapour pressure. Since specific humidity is a more complex parameter than vapour pressure and since atmospheric pressure itself has an

TABLE I - I. TÁBLÁZAT

Values of the saturation vapour pressure and maximum specific humidity at the 700 mb level
A telítési gőznyomás és a maximális specifikus nedvesség értékei a 700 mb-os szinten

	Southern Hemisphere		Northern Hemisphere		Earth	
	E [mb]	S [gr/kg]	E [mb]	S [gr/kg]	E [mb]	S [gr/kg]
Jan	7,2	6,4	2,8	2,5	5,0	4,4
Apr	6,4	5,7	4,4	3,7	5,4	4,8
Jul	5,0	4,5	8,7	7,9	7,0	6,2
Oct	6,3	5,6	5,2	4,6	5,7	5,1
Mean	6,2	5,5	5,3	4,7	5,8	5,1

annual course, the curve of the maximum specific humidity is somewhat more irregular than the curve of the saturation vapour pressure. It may be of interest to mention that 1 kg of air in the Northern Hemisphere could contain 16,8 gr humidity in July, 6,6 gr even in January and 11,7 as yearly mean. The yearly range reaches 10,2 gr/kg, the standard deviation 3,67 gr/kg. The extreme values in the Southern Hemisphere are 12 gr/kg in January and 8,3 gr/kg in August. The yearly mean in the Southern Hemisphere is 10 gr/kg, the yearly range 3,8 gr/kg, the standard deviation as small as 1,41 gr/kg.

The yearly variation may be observed also in the total atmosphere: The maximum [12,6 gr/kg] occurs in July, the minimum [9,3 gr/kg] in January. The yearly range equals to 3,3 gr/kg and the standard deviation is 1,15 gr/kg.

As regards the conditions in the higher layers of the atmosphere, data for the 700 mb level are at our disposal.

It may be seen in *Table I* that both the saturation vapour pressure and the maximum specific humidity has an annual course at the 700 mb level in both hemispheres. In the Southern Hemisphere, maximum is found in January and minimum in July, and the October value, representing spring almost coincides with the yearly mean.

In the Northern Hemisphere, too, maximum occurs in summer and minimum in winter. It is the October value also here that approximates well the yearly mean.

For the whole Earth, the annual course is visible even at the 700 mb level, showing a maximum in July.

d) *Actual vapour pressure and specific humidity; relative humidity.*

The actual vapour pressure may be obtained by applying (1) to the values of the dew point. The specific humidity is calculated from (2) and the relative humidity from (4). As *Taljaard et al.* (1969) determined the average values of dew point for the latitudinal circles and *Gavrílova* elaborated some characteristics from which the vapour pressure and the specific humidity may be deduced, we are in a position to examine these two important hydrometeorological parameters. The results of our calculations are shown in *Table II*.

While *Figure 1* reflects the possible values of water content, *Table II* refers to actual conditions. An analysis of the data shows at once that the vapour pressure and specific humidity have a definite yearly variation on both hemispheres. In the Southern Hemisphere, the maximum is observed in January, the minimum in August; the whole annual course is very regular.

In the Northern Hemisphere, the maximum falls on July-August, while the minimum definitely on January. Like in the Southern Hemisphere the extreme values are not synchronous with those of the Sun's declination, which represents the energetic background. Our data prove that the atmosphere has a considerable inertia in respect of humidity absorption and release.

The data in the last three columns of *Table II* are surprising. *Figure 1* demonstrated the possibility for both the vapour pressure and the specific humidity to show a definite annual course in respect of the total atmosphere. However, the two columns before the last in *Table II* show only a very weak, hardly perceptible annual course with a double wave; we are therefore inclined to state that the total atmosphere may be regarded ergodic in respect of the humidity budget.

On the basis of a comparison of the surface data, the conditions on the two hemispheres can be characterized by saying that the Southern Hemisphere is definitely

TABLE II—II. TÁBLÁZAT

Actual vapour pressure e [mb], specific humidity s [gr/kg] and relative humidity U [%]
at ground level

A tényleges gőznyomás e [mb], specifikus nedvesség s [gr/kg] és a relatív nedvesség
 U [%] a talajszinten

	Southern Hemisphere			Northern Hemisphere			Earth		
	e	s	U	e	s	U	e	s	U
Jan	14,7	9,1	76	7,0	4,4	65	10,9	6,8	71
Feb	14,3	8,9	75	6,9	4,1	55	10,6	6,5	65
Mar	13,5	8,4	75	7,2	4,5	50	10,4	6,5	63
Apr	12,5	7,8	75	8,1	5,1	46	10,3	6,5	61
May	11,2	7,0	74	9,2	5,7	42	10,2	6,4	58
Jun	10,4	6,5	74	10,1	6,3	40	10,3	6,4	57
Jul	9,8	6,1	73	11,2	7,0	41	10,5	6,5	57
Aug	9,7	6,0	73	11,2	7,0	41	10,5	6,5	57
Sep	10,0	6,2	70	10,9	6,8	45	10,4	6,5	58
Oct	10,9	6,8	73	9,7	5,7	45	10,0	6,2	59
Nov	12,4	7,7	73	7,7	4,8	49	10,1	6,2	61
Dec	13,9	8,6	75	7,1	4,4	54	10,5	6,5	65
Mean	11,9	7,4	74	8,8	5,5	48	10,4	6,5	61
Amplitude	5,0	3,1	6	4,3	2,9	25	0,9	0,6	14
σ	1,58	1,15	1,59	1,70	1,08	7,37	0,24	0,14	4,33

more humid: They yearly mean value of the vapour pressure is 11,9 mb, whereas the corresponding value for the Northern Hemisphere is only 8,8 mb. The difference is even more pronounced in respect of the relative humidity.

It is surprising that the standard deviations of the actual vapour pressure are practically the same for the two hemispheres, whereas in the case of saturation vapour pressure the values of the standard deviation differed significantly. This suggests that some very effective balancing processes exist in the humidity budget of the atmosphere. The data on relative humidity in *Table II* support this conclusion to a great extent. It may be seen that the oceans of the Southern Hemisphere satisfy the vapour demand of the atmosphere in a uniform manner throughout the year: The relative humidity has no perceptible yearly course. The situation is quite different in the Northern Hemisphere: The summer minimum of the relative humidity indicates that there is a vapour demand which is not, however, capable of being fulfilled.

Unfortunately, we have no suitable data for the higher levels of the atmosphere. The study concerning the total vertical air column has, therefore, to be carried out on a different basis.

e) *Investigation of the precipitable water.* The characteristics discussed in the foregoing have been deduced from data which are accepted in the international literature as normals. This is not valid for the precipitable water defined by (3). For this parameter we processed the data for only one year, namely those published by *Gavrilova* (1975) concerning 1970. This fact should be taken into account when evaluating our results.

Data on the precipitable water for both hemispheres in mm/cm² units are contained in *Table III*, in the form of integrated values from the surface to the standard isobaric levels of 850 mb, 700 mb, 500 mb and 300 mb.

The precipitable water content is an important parameter not only for water resources development but also for energetic calculations.

The first thing that hits the eye in *Table III* is that, contrary to the former conceptions, the total amount of precipitable water is greater in the Northern Hemisphere (26,1 mm/cm²) than in the Southern Hemisphere (23,9 mm/cm²). On the basis of our

TABLE III - III. TÁBLÁZAT

Precipitable water [mm/cm²] based on data for 1970
Csapadékvíz [mm/cm²] az 1970. év alapján

From Surface to	Southern Hemisphere				Northern Hemisphere			
	850	700	500	300 mbar	850	700	500	300 mbar
Jan	13,7	21,3	26,4	28,3	8,7	14,4	18,0	19,1
Feb	14,1	22,0	27,2	29,1	9,0	14,8	18,6	19,8
Mar	13,5	21,0	26,2	28,1	9,3	15,3	19,2	20,5
Apr	12,6	19,5	24,2	25,8	10,4	17,3	21,9	23,5
May	11,2	17,3	21,2	22,4	11,7	19,8	25,3	27,4
Jun	10,7	16,4	20,1	21,2	13,0	22,2	28,7	30,9
Jul	10,1	15,4	18,5	19,4	14,2	24,6	31,9	34,2
Aug	10,0	15,0	18,1	19,0	14,2	24,5	31,8	34,4
Sep	10,4	15,9	19,1	20,1	13,6	23,2	29,8	32,0
Oct	11,4	17,5	21,5	22,8	11,7	20,0	25,7	27,5
Nov	12,0	18,3	22,5	24,0	10,0	16,9	21,5	23,1
Dec	12,6	20,0	24,8	26,4	9,1	15,2	19,0	20,2
Mean	11,9	18,3	22,5	23,9	11,2	19,0	24,3	26,1
Amplitude	3,7	7,0	9,1	10,1	5,5	10,2	13,9	15,3
σ	1,44	2,42	3,29	3,61	2,10	3,88	5,28	5,77

preceding discussion this is not surprising at all. When dealing with the actual vapour pressure, we have seen that the differences between the two hemispheres are much smaller than the differences in the saturation vapour pressure. Considering furthermore that in the Northern Hemisphere more energy is available, the water demand is greater and the vertical exchange processes are stronger, it is readily understood that the atmosphere over the Northern Hemisphere can contain more water vapour than over the Southern Hemisphere.

With some computation it will be easily seen that the precipitable water content has a summer maximum in both hemispheres, and in all the layers for which data may be deduced from *Table III*.

When examining the data in some detail, we find a pronounced annual course in all the layers. In the Southern Hemisphere the minimum occurs in August, the maximum in February. The amplitudes and the standard deviations are much smaller than in the Northern Hemisphere, showing that the Southern Hemisphere is more balanced also in this respect.

In the Northern Hemisphere, as it may be expected, the maximum is found in July-August, and the minimum in January. This is in full accordance with what has been said about the actual vapour pressure.

Table III enables us to make an estimate of the total precipitable water content in the two hemispheres and in the whole atmosphere.

We wish to stress again that the data in *Tables III* and *IV* refer to a single year. Thus, the apparent contradiction between *Tables IV* and *II*, namely that h in contrast to e and s , seems to have an annual course, does not prove that the summarized humidity field of the atmosphere, as opposed to the humidity field observed at the surface, cannot be regarded ergodic. Let us consider this important matter in more detail.

The last three lines of *Table IV* show the water content of the atmosphere in units of 10¹² tons. The data in the line marked by H_s refer to the Southern Hemisphere,

those in the line H_S to the Northern Hemisphere, while the last line gives the values for the whole atmosphere.

It will be seen that the water content has a summer maximum in both hemispheres, and then decreases till the winter minimum. It is seen also that in yearly mean the Northern Hemisphere contains more water, the surplus is about 10 %.

As regards the water content of the whole Earth's atmosphere, only a very weak yearly course can be found with a maximum in July-August, but the amplitude is merely $1,7 \cdot 10^{12}$ tons, representing 13 % of the mean; the difference between the maximum

TABLE IV - IV. TÁBLÁZAT

Water content of the atmosphere (based on data for 1970)
A légkör vízkészlete (1970 alapján)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Mean	Ampl	σ
h [mm/cm ²]	23,7	24,5	23,4	24,7	24,9	26,1	26,8	26,7	26,1	25,2	23,6	23,3	25,0	3,5	1,2
H_S 10^{12} t	7,2	7,4	7,2	6,6	5,7	5,4	4,9	4,8	5,1	5,8	6,1	6,7	6,1	2,6	0,9
H_N 10^{12} t	4,9	5,0	5,2	6,0	7,0	7,9	8,7	8,8	8,2	7,0	5,9	5,2	6,7	3,9	1,5
H_E 10^{12} t	12,1	12,4	12,4	12,6	12,7	13,3	13,6	13,6	13,3	12,8	12,0	11,9	12,7	1,7	0,6

and the mean is $0,9 \cdot 10^{12}$ tons, which corresponds to 7 % of the mean. It may, therefore, be said that in respect of its water budget, the atmosphere produces a balancing process, i. e. it has a tendency to ergodicity.

Results

1. Saturation vapour pressure and maximum specific humidity have an annual course with a summer maximum and a winter minimum in both hemispheres. There is an annual course also with respect to the total atmosphere. The water capacity of the atmosphere is greater in the Northern Hemisphere.

2. Actual vapour pressure and specific humidity at the surface have an annual course in both hemispheres. For the whole atmosphere, however, at most a vague yearly course may be detected. According to the surface data the Southern Hemisphere is more humid. The conditions are more balanced in the Southern Hemisphere.

3. A study of the total water content of the atmosphere reveals a clear annual course in both hemispheres, for the whole of the atmosphere a weak yearly variation is found. It appears that the atmosphere tends towards equilibrium in its water balance. The yearly mean of the total water content is $12,7 \cdot 10^{12}$ tons, the maximum value is $13,6 \cdot 10^{12}$ tons (July-August) and the minimum $11,9 \cdot 10^{12}$ tons (January). Of the two hemispheres the northern contains more water vapour, the yearly mean value in the Southern Hemisphere reaches only 91 % of the corresponding value for the Northern Hemisphere.

In conclusion, it might be appropriate to examine the reliability of the data published here. For this purpose it is customary to determine the

$$\text{standard error of the mean} = \frac{\sigma}{\sqrt{N-1}}$$

In the present case, however, this would be no more than a formal calculation since the authors computed the zonal averages for the hemispheres and for the whole Earth from $5^\circ \times 5^\circ$ and $10^\circ \times 10^\circ$ geographical grid nets, therefore the result would be very close to zero.

Based on the foregoing consideration, the interpolation error arising from the interpolation of the actual data for the grid points shall be regarded as one of our sources of error. However, this interpolation error is of a strictly random character; thus there is no reason to assume that it would distort our data in any sense.

Deficiencies in the observing techniques may cause a systematic error. In our special case it is fortunate, however, that the aerological instruments are heterogeneous on a world-wide scale because it may thus be assumed that these errors, though systematic when considered in isolation, take the character of random errors in the hemispheric and particularly in the global averages.

II. Temperature

The temperature regime of the atmosphere develops as a result of the interaction of the incoming and the outgoing energies, it is therefore very important to study this system. In spite of this, until recently very few works have been published on the temperature of the total physical system called atmosphere. Mention should be made of the important study by *Sellers* (1965), which sets out for both hemispheres the yearly means of the zonal distribution of temperature and the yearly mean temperatures, as well as the mean temperature for the whole Earth.

Spirina (1970) gives the zonal distribution of temperature in the Northern Hemisphere for each month of the year.

Hanevskaia (1968) summarizes the state of knowledge of the temperature of the free atmosphere in the Northern Hemisphere, and makes an attempt to explain the observed phenomena.

Rákóczi (1974) examines the annual course of temperature in the Northern Hemisphere, and compares his results with the generally accepted values of *Gorczynsky*.

Gavrilova (1975) discusses, among other matters, the problems of the zonal distribution of temperature in both hemispheres.

The preceding short review shows that data on the zonal distribution of temperature have been published for several levels, but there exist only very few comprehensive works which contain authoritative data for both hemispheres or the whole Earth. Such investigations are, however, necessary, for the better knowledge of the Earth's climate; they are, moreover, indispensable to the detection of possible climatic changes affecting the whole of the atmosphere.

The parameters discussed in this paper are as follows:

- a) annual course of the temperature and the virtual temperature at the surface;
- b) annual course of the temperature at the 850, 700, 500, 300 and 100 mb levels;
- c) seasonal values of the mean virtual temperature of the 700/1000 mb layer;
- d) annual course of the mean virtual temperature of the 500/1000 mb layer;
- e) seasonal variations of the temperature gradient;
- f) the temperature in the stratosphere (in the Northern Hemisphere).

Except for the stratospheric temperature, all the characteristics listed above are given for both the Northern and the Southern Hemisphere, and also the values for the whole Earth are deduced.

Annual course of the temperature at the surface. This problem, at least as regards the Northern Hemisphere, was dealt with by *Dove* as early as the middle of the last century. The better known results are summarized in *Table V*.

It will be seen that the views on the temperature conditions of the Northern Hemisphere are rather divergent, the largest difference between the mean values put forward by the various authors is 4,2°C. Also this diversity of the data warrants our examination of the problem, using identical computation techniques and identical basic principles for the estimation.

The annual course of the temperature in the two hemispheres will be discussed with the aid of *Figure 2*, where the conditions of the Northern Hemisphere, the Southern He-

TABLE V - V. TÁBLÁZAT

Values of the temperature of the Northern Hemisphere given by different authors
Az északi félteke hőmérsékletének értékei

Author	°C	Year	Author	°C	Year
Dove	15,5	1852	Meinardus	15,1	1909
Schoch	15,1	1856	Sartorius	17,4	1913
Ferrel	15,3	1877	Hann	15,2	1913
Hann	15,3	1882	Gorczynsky	14,9	1919
Spitaler	15,3	1886	Meinardus	15,2	1925
Hann	15,3	1889	Sellers	13,2	1965
Hann	15,2	1906	Rákóczi	16,2	1978

misphere and the total atmosphere of the Earth are represented by the continuous, the dashed and the dotted curve, respectively.

The figure shows that the yearly course of the temperature on both hemispheres takes the form of a single wave with a maximum in the summer and a minimum in the winter. In view of the fact that the amplitude in the Northern Hemisphere (14,4°C) is much greater than in the Southern Hemisphere (5,7°C), it is readily understood that also the temperature of the whole atmosphere shows an annual course with a single wave having a maximum in July and a minimum in January. The amplitude of the yearly curve is 4,4°C.

This picture of the yearly course of the temperature of the Earth's atmosphere may be explained by the different properties of the two hemispheres. Most of the continents

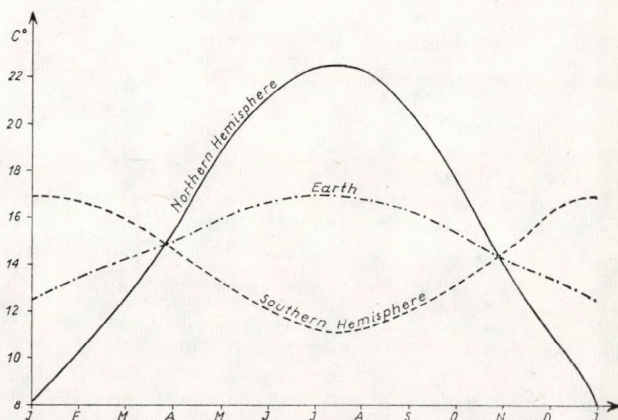


Figure 2: Annual course of the temperature at ground level

are located in the Northern Hemisphere, the percentage of oceanic surface is 61 %, while the corresponding value for the Southern Hemisphere is 81 %.

The temperature of the Southern Hemisphere is lower (14,0°C), the value for the Northern Hemisphere is 16,2°C. The homogeneous ocean surface ensures a more even temperature budget which is reflected not only in the smaller amplitude but also, very markedly, in the standard deviation of the monthly mean values from the annual mean. The value of the standard deviation is 2,1°C in the Southern Hemisphere and more than double (about 5°C) in the Northern Hemisphere.

For ease of comparison, the values obtained from different sources [Normal Weather Charts (NWC), *Spirina* (S), *Hanevskaja* (H), and the values determined by us from the zonal averages published by *Gavrilova* (G)] are shown in *Table VI*. The only data available for the Southern Hemisphere are those elaborated by *Taljaard et al.* as well as those of *Gavrilova*. It should be mentioned that the data by *Gavrilova* concerning the zonal distribution of temperature relate to one single year, namely 1970.

The column marked by "CU" relating to the Southern Hemisphere in *Table VI* contains the values computed from the data in the "Climate of Upper Air".

The main conclusion to be drawn from *Table VI* is that the values computed from different but fairly long and homogeneous series for the Northern Hemisphere are virtually identical, they do not show any significant difference.

The situation is quite different with the values computed from the data for 1970. These are definitely lower than the normals with respect to both hemispheres, the deviation being 1,7°C for the Northern Hemisphere and 1,1°C for the Southern Hemisphere. The 1970 values are, nevertheless, higher for both hemispheres than the values given by *Sellers*. In spite of the difference which may seem considerable, one must not, therefore, make the straightforward conclusion that the temperature of the Earth's atmosphere has been decreasing in the last few years; this problem, although the 1970 data series is a warning sign, has to be examined more thoroughly.

A comparison of *Tables V* and *VI* shows that values for different periods and deduced by different methods may make a very false impression. The 1970 data as well as *Sellers'* data lead to the same conclusion. Thus, our data confirm the rightness of the WMO standpoint that one should make no hasty judgement regarding changes in the

TABLE VI - VI. TÁBLÁZAT

Monthly mean temperatures deduced from different series
A különböző sorokból levezetett havi hőmérsékleti átlagok

	Northern Hemisphere				Southern Hemisphere		
	NWC	S	H	G	CU	G	FG
Jan	8,1	9,6	9,9	6,7	16,9	17,3	12,0
Feb	10,4	10,1	10,5	8,3	16,8	16,7	12,5
Mar	12,5	12,2	12,5	10,3	15,9	14,9	12,6
Apr	15,4	15,6	15,5	13,9	14,6	12,9	13,4
May	18,9	18,8	19,0	17,2	13,2	10,9	14,0
Jun	21,2	21,1	21,1	20,0	12,0	9,7	14,9
Jul	22,5	22,5	22,3	21,4	11,2	9,0	16,3
Aug	22,4	22,3	22,5	21,0	11,2	9,1	16,1
Sep	20,6	20,5	20,3	19,1	12,5	10,4	15,8
Oct	17,6	17,4	17,6	15,5	13,0	13,0	14,3
Nov	13,8	13,6	13,7	11,7	14,8	14,7	13,3
Dec	11,0	10,8	11,1	8,7	16,3	16,4	12,6
Mean	16,2	16,2	16,3	14,5	14,0	12,9	14,0
Ampl.	14,4	12,9	12,6	14,7	5,7	8,3	4,3
σ	5,03	4,87	4,73	5,29	2,13	3,07	1,50

Earth's climate and that a series of complex studies needs to be carried out before making a well-founded assessment in this regard.

Annual course of the virtual temperature at the surface. If we wish to compare the density of the atmosphere of the two hemispheres, i. e. when we examine the equilibrium conditions of the atmosphere over the two hemispheres (a two-chamber system), the virtual temperatures of the atmospheres of the two hemispheres shall also be taken into consideration.

The virtual temperature has been computed from the formula

$$T_v = T(1 + 0,604s)$$

where s is the specific humidity. Beside the data of *Figure 1*, also the data of *Table II* in Part I have therefore been used for the computation of the virtual temperature.

The virtual temperatures have been determined only for the normal values NWC and CU and are shown in *Table VII*. The values are given in degrees Celsius.

TABLE VII - VII. TÁBLÁZAT

Virtual temperatures at ground level
Virtuális hőmérsékletek a talajszinten

	Northern Hemisphere	Southern Hemisphere	Earth
Jan	9,3	18,5	13,9
Feb	11,6	18,4	15,0
Mar	13,7	17,4	15,5
Apr	16,8	15,9	16,4
May	20,5	14,4	17,5
Jun	23,0	13,1	18,1
Jul	24,5	12,2	18,4
Aug	24,4	12,2	18,3
Sep	22,5	13,6	18,1
Oct	19,2	14,2	16,7
Nov	15,1	16,1	15,6
Dec	12,2	17,8	15,0
Mean	17,7	15,3	16,2
Ampl.	15,2	6,3	4,5
	5,34	2,34	1,61

Because of the virtual increment, the monthly and yearly means of the virtual temperature are obviously higher than the corresponding values of the normal temperature. The difference in the Northern Hemisphere is 1,5°C, in the Southern Hemisphere 1,3°C. It is seen that also the virtual increment reflects that the atmosphere of the Northern Hemisphere contains somewhat more water vapour than the atmosphere of the Southern Hemisphere.

Also the ranges and the standard deviations are somewhat greater in both hemispheres.

The yearly course is regular in both hemispheres with a summer maximum and a winter minimum.

A yearly course can be detected with respect to the whole Earth, but the value of the standard deviation is only 1,6°C.

Temperature of the standard isobaric surfaces. The discussion of this matter will be based on *Table VIII*. Temperature values for the 850, 700, 500, 300 and 100 mb surfaces are presented, for the 500 mb surface in full yearly distribution, while for the other surfaces the seasonal values are discussed. From the data (NWC and CU) for the two hemispheres, also the normals for the whole atmosphere are deduced (see *Table VIII*).

TABLE VIII - VIII. TÁBLÁZAT

Temperature of isobaric surfaces [°C]
Izobár felszínek hőmérséklete [°C]

mb	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean	Ampl.	σ
SH															
850	9,9			7,8			4,8			6,1			7,2	5,2	
700	2,3			0,7			- 2,6			- 0,5			0,0	4,9	
500	-12,8	-12,7	-13,6	-14,7	-16,2	-17,4	-17,6	-18,9	-17,4	-16,5	-15,3	-13,9	-15,6	5,0	2,06
300	-37,6			-39,7			-42,8			-41,5			-40,4	5,1	
100	-66,5			-67,5			-68,4			-66,8			-67,3	1,9	
850	4,5			8,9			15,1			10,4			9,7	10,6	
NH															
700	- 2,3			0,6			6,7			- 2,2			0,7	9,0	
500	-17,5	-17,5	-16,7	-15,2	-13,0	-10,6	- 9,1	- 9,4	-11,1	-13,3	-15,4	-16,8	-13,8	8,4	3,15
300	-41,6			-39,9			-35,2			-38,6			-38,8	6,4	
100	-69,1			-66,5			-65,7			-68,6			-67,5	3,4	
Earth															
850	7,2			8,4			10,0			8,3			8,5	2,8	
700	0,0			0,7			2,1			1,3			1,0	2,1	
500	-15,2	-15,1	-15,2	-15,0	-14,6	-14,0	-13,4	-14,2	-14,3	-14,9	-15,4	-15,4	-14,7	2,0	0,63
300	-39,6			-39,8			-39,0			-40,1			-39,6	1,1	
100	-67,8			-67,0			-67,1			-66,8			-67,2	1,0	

The annual course can be recognized for both hemispheres and also for the total atmosphere at all levels: There is a summer maximum and a winter minimum. The yearly means of the temperature in the Northern Hemisphere are higher at all the levels except 100 mb than at the corresponding levels in the Southern Hemisphere.

The deviations at the various levels are as follows:

850 mb	700 mb	500 mb	300 mb	100 mb
2,5	0,7	1,8	1,6	-0,2 °C

Remembering that the difference at the surface is of 2,2°C, it may be seen that the difference is first increasing, between the 500 mb and 300 mb surfaces it is constant, and around the 100 mb level it changes its sign.

The amplitudes in the Northern Hemisphere are by far greater than in the Southern Hemisphere. The same holds also for the standard deviations, although these could be determined for the 500 mb level only. The standard deviation for the Northern Hemisphere is 1,53 times greater than that for the Southern Hemisphere.

It is interesting to observe that the amplitudes in the Northern Hemisphere are monotonic decreasing with increasing height, while in the Southern Hemisphere the amp-

litudes of the yearly temperature wave at the 300 mb and the 850 mb surfaces are identical and are only 0,5°C less than the corresponding value at the ground surface, and there is a sharp discontinuity in the amplitude between 300 and 100 mb: the value for the 100 mb surface is only 37 % of the 300 mb value. This may be explained only by assuming that the mixing processes in the Northern Hemisphere extend, even though in a weaker form, up to the 100 mb level, whereas in the Southern Hemisphere they die away about the 300 mb surface.

The single-wave annual course is valid also for the whole atmosphere: There is a maximum in July and a minimum in January, at least up to the 300 mb surface. At the 100 mb surface an October maximum and a January minimum is found, but the amp-

TABLE IX - IX. TÁBLÁZAT

Mean virtual temperature [°K] of the air column between 1000 and 700 mb
Az 1000 és 700 mb között elterülő légoszlop átlagos virtuális hőmérséklete [K°]

	Northern Hemisphere	Southern Hemisphere	Earth
Jan	288,7	275,3	282,0
Apr	285,8	281,7	283,8
Jul	281,5	292,1	286,8
Oct	283,1	284,6	283,9
Mean	284,8	283,4	284,1
Amplitude	7,2	16,8	4,8

litude is only 1°C. It may be observed also that from 850 mb upwards the amplitudes are monotonic decreasing, showing a gradual vanishing of the temperature contrast between the two hemispheres and, as was seen above, a change of its sign above 100 mb. This suggests the effect of a compensation process.

The temperature of the layers between 1000 mb and 700 mb and between 1000 mb and 500 mb. On the basis of the geopotential data, it is possible to determine the annual course of the mean temperature of these layers. The calculations are made using the formula:

$$T_{vm} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{66,047 (\log p_2 - \log p_1)}$$

where Φ_2 and Φ_1 denote the height, in geopotential metres, of the pressure levels p_2 and p_1 , respectively.

The mean virtual temperature is given only for the middle months of the seasons for the 1000 mb to 700 mb layer, but the full annual cross-section is shown for the layer between 1000 and 500 mb.

The data for the layer up to 700 mb are contained in *Table IX*.

It may be seen that, in contrast to the surface data, the mean temperature of the layer up to 700 mb is higher in the Southern Hemisphere. The difference is 1,4°C and this is due to the fact that the winter in the Southern Hemisphere is by 6,2°K warmer than in the Northern Hemisphere. On the other hand, the summer of the Southern Hemisphere is by 3,4°K colder than the Northern Hemisphere summer. The difference in the annual variation in the two hemispheres is well represented also by the annual ranges of the temperature: The value for the Northern Hemisphere is 2,33 times greater than that for the Southern Hemisphere. These data reflect well how in the Southern Hemisphere the overwhelming oceanic surface results in a steering by the slow temperature system of the ocean of the atmosphere having a much smaller temperature inertia.

An annual course for the total atmosphere can still be detected, its amplitude is 4,8°K.

The mean virtual temperature of the air column between 1000 mb and 500 mb, i. e. reaching up to the "halving height" of the atmosphere, is shown in *Figure 3*.

The most striking peculiarity of the Figure is that the maximum temperature in the Northern Hemisphere has only a small delay as compared to the highest declination of the Sun. This characteristic is reflected also in the curve for the whole Earth. Both curves are asymmetric. In the Southern Hemisphere, the maximum occurs with a 2-month delay in February. The minimum in the Northern Hemisphere is found in February (instead of December).

Another interesting feature of the curves is that even the curve relating to the

whole Earth shows some asymmetry. The nature of this asymmetry suggests that in the Northern Hemisphere heat absorption is a much faster process than heat release. It appears that the snow cover at temperate latitudes plays a very important role in this regard: From March to April, the temperature of the lower half of the atmosphere increases by $4,7^{\circ}\text{K}$. There is hardly any snow cover at temperate latitudes of the Southern Hemisphere, this phenomenon therefore does not appear there.

It can be seen, furthermore, that the temperature conditions in the Southern Hemisphere are much more balanced even in this layer constituting half of the mass of the atmosphere. Two pieces of data show this clearly: The amplitude of the annual variations in the Southern Hemisphere is only $5,8^{\circ}\text{K}$, while in the Northern Hemisphere

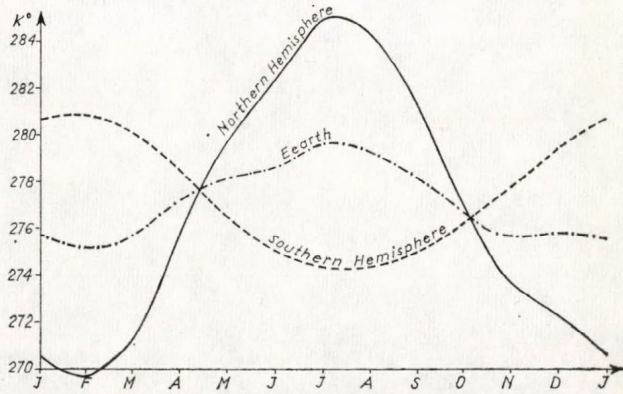


Figure 3: Mean virtual temperature of the air column between 1000 mb and 500 mb

it is $15,3^{\circ}\text{K}$ (264 %); on the other hand the value of the standard deviation is $2,48^{\circ}\text{K}$ in the Southern Hemisphere and $5,37^{\circ}\text{K}$ in the Northern Hemisphere.

As a result of the rapid warming in spring in the Northern Hemisphere and the simultaneous gradual cooling of the atmosphere of the Southern Hemisphere, the temperature change of the whole atmosphere shows a certain irregularity in the period from January to July. The variations in the cooling period from July till January are much more regular for the whole atmosphere, since the cooling section in the Northern Hemisphere itself is much more even than the warming period, and the warming of the Southern Hemisphere is almost monotonic in the strict mathematical sense.

Temperature gradients. The data in Table VIII enable us to deduce the values of the vertical temperature gradients for the middle month of each season. Irrespective of the different thicknesses of the various layers, these values are given in units of $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ for both hemispheres (see Table X).

The table shows that the temperature gradients in the free atmosphere in both hemispheres are increasing with height up to the 300 mb level, and their values in the middle troposphere are between $0,54$ and $0,64^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ in the Southern Hemisphere and between $0,58$ and $0,67^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ in the Northern Hemisphere.

In the lower part of the troposphere the temperature gradients are smaller and it

TABLE X - X. TÁBLÁZAT
Values of the temperature gradients ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)
A hőmérsékleti gradienssek ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) értékei

	Northern Hemisphere				Southern Hemisphere			
	850-700	700-500	500-300	300-100 mb	850-700	700-500	500-300	300-100 mb
Jan	0,48	0,64	0,64	0,34	0,44	0,56	0,64	0,33
Apr	0,45	0,57	0,63	0,33	0,52	0,59	0,65	0,32
Jul	0,47	0,56	0,66	0,31	0,52	0,58	0,67	0,36
Oct	0,42	0,54	0,65	0,30	0,51	0,57	0,66	0,36

is only in the Northern Hemisphere that they exceed the $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ value. In the upper half of the troposphere, between the 300 mb and 100 mb levels, the temperature gradients in the Southern Hemisphere are somewhat lower than in the Northern Hemisphere.

The values of the temperature gradients show hardly any regular annual course, only a slight maximum appears in summer in both hemispheres. This is not surprising since the average conditions should be barotropic and the hydrostatic balance should be satisfied; this determines the formation of temperature gradients.

The temperature of the stratosphere (Northern Hemisphere). The zonal distribution of stratospheric temperatures has been studied by a number of authors, namely *Hanevskaia, Dubencov, Murgatroyd, Ohring* and *Brooks*. The temperatures of the stratosphere can be given only for the Northern Hemisphere for the 100, 50, 30 and 10 mb levels and for the months of January and July, representing the winter and the summer, respectively.

The results of our calculations are given in *Table XI*.

TABLE XI—XI. TÁBLÁZAT

Temperature of the stratosphere according to different authors
A sztratoszféra hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$] különböző szerzők szerint

Authors	Northern Hemisphere							
	100		50		30		10 mb	
	Jan	Jul	Jan	Jul	Jan	Jul	Jan	Jul
Hanevszkaia	-66,7	-64,0	-62,4	-55,7	-57,2	-49,7	-48,0	-38,2
Dubencov	-65,4	-61,7	-64,7	-59,8	-57,2	-52,3	-49,0	-40,8
Murgatroyd	-66,4	-61,7	-65,6	-56,3	-63,2	-51,4	-55,8	-37,7
Ohring	-64,4	-62,8	-62,0	-58,4	-56,7	-47,9	-48,9	-39,9
Brooks	-66,7	-62,8	-61,8	-54,0	-56,9	-48,2	-50,2	-39,3
Mean	-65,9	-62,6	-63,3	-56,8	-58,2	-49,9	-50,4	-39,2

It may be seen from the table that there is no significant difference, within any given month, between the values presented by the various authors and the values we have deduced from the basic data. Perhaps the only exception from the rule is the value given by *Murgatroyd* for the 30 mb surface: It differs from the mean by as much as 5°C . The situation is similar in respect of the values relating to 10 mb and January.

It may be stated that the temperature of the stratosphere at all levels is higher in summer than in winter; the differences are $3,3^{\circ}\text{C}$ at 100 mb, $6,5^{\circ}\text{C}$ at 50 mb, $8,3^{\circ}\text{C}$ at 30 mb and $11,2^{\circ}\text{C}$ at 10 mb. The amplitude of the temperature is thus monotonic increasing with height, and this increase represents 339 % of the value relating to 100 mb. This is apparently due to the recombination processes going on in the upper atmosphere under the effect of direct radiation.

As regards the temperature profile in the stratosphere, it can be stated that in summer as well as in winter, the temperature is increasing with height. The measures of the growth are, in winter: From 100 mb to 30 mb: $7,7^{\circ}\text{C}$, from 30 mb to 10 mb: $7,8^{\circ}\text{C}$. The corresponding values for the summer are $12,7^{\circ}\text{C}$ and $19,0^{\circ}\text{C}$.

It is seen that the increase is again monotonic and that the increase of the summer values is much greater, also this suggests the effect of radiation factors.

Results

1. At the ground level, the temperature of both the Southern and the Northern Hemisphere has an annual course with a single wave; the amplitude of the annual variation is greater in the Northern Hemisphere than in the Southern Hemisphere. In spite of the opposite senses of the temperature variations in the two hemispheres, because of the difference in the amplitudes, there is an annual course also in the temperature of the total atmosphere.

The temperature values deduced from different series do not show any significant difference, except for the value determined for 1970.

2. The temperature at the various standard isobaric surfaces up to 100 mb is higher in the Northern Hemisphere, the difference is decreasing with height. At the 100 mb level the temperature is higher in the Southern Hemisphere.

3. The virtual temperature in both hemispheres has an annual course; in the Northern Hemisphere it is asymmetric and its amplitude is greater. Also the monthly means of the virtual temperature of the whole atmosphere have an annual course.

4. The yearly mean of the mean virtual temperature of the layer between 1000 and 700 mb is greater in the Northern Hemisphere than in the Southern Hemisphere, there is a similar difference also in the amplitudes.

The mean virtual temperature of the layer between 1000 and 500 mb has an asymmetric annual course in the Northern Hemisphere and a symmetric one in the Southern Hemisphere. The yearly amplitude in the Northern Hemisphere is several times the corresponding value for the Southern Hemisphere. The mean virtual temperature of the total atmosphere also shows an annual course.

5. The values of the temperature gradients in the troposphere in both hemispheres are increasing with height up to the 300 mb level, they are decreasing between 300 and 100 mb.

6. There is no significant difference between the stratospheric temperatures deduced from data of different authors. In both summer and winter, the mean temperature of the layer between 100 mb and 10 mb is increasing with height.

REFERENCES

- Normal Weather Charts for the Northern Hemisphere, Technical Paper N°1. U. S. Weather Bureau 1952.
Taljaard J. J. - van Loon, H. - Crutcher H. L. - Jane R. L. (1969): Climate of the upper air. Southern Hemisphere, Vol. 1. Washington.
Sellers, D. W. (1969) Physical Climatology. Chicago - London
Murgatroyd R. J. (1957): Winds and Temperatures between 20 and 100 km - a review. *Q. J. Roy. Met. Soc.* 83, 358.
Ohring G. (1958): Temperatures in the High Atmosphere. *Ann. Geophys.* 14.
Brooks D. L. (1958): The Distribution of Carbon-Dioxide Cooling in the Lower Stratosphere. *J. Met.* 15, 2.
Rákóczi F. (1974): Annual Variations of Temperature and Pressure on the Northern Hemisphere. *Időjárás*, 78, N°5. 300 - 301.
Тверской, Н., (1962): Курс Метеорологии. Ленинград
Шпирина Л. П., (1970): Широтные атмосферного давления и температура северного полушария. (Труды) ГГО вып. 119—123
Гаврилова З. И., (1975): Аэроклиматические характеристики околосредней атмосферы. Труды ВНИИГИ вып. 5.
Ханевская И. В., (1967): Температурный режим свободной атмосферы над северным полушарием Ленинград
Ханевская И. В., (ред.) (1975): Аэроклиматология земного шара. Труды ВНИИГИ. вып. 18.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2. szám. 1979. márc.—ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar—Apr 1979. Budapest

Genetical diagnostication of large-scale cloudiness in the summer season

I. FEKETE, *Division of Computation Techniques of GELKA, Budapest*

A nagyterségű felhőzet genetikai diagnosztizálása nyári esetekben A cikk a műholdról megfigyelhető felhőzeti mező és a különböző skálájú vertikális mozgások közötti kapcsolatot vizsgálja. A feldolgozott anyag: 1972 nyara, Budapest 150 km sugarú környezete, kizárólag nappali esetek. A vertikális mozgások közül a nagyterségű vertikális mozgás számítása *Tánczer* módszerével történik. A konvekció parametrizálására a szerző saját módszerét használja. A turbulencia parametrizálására *Tánczer*-féle módosított *Ri* számmal, a *Ri**-al történik. A szerző mindhárom vertikális mozgásformára kritériumot állít fel arra vonatkozóan, hogy az illető mozgás forma felhőképződés szempontjából aktív-e. A felhőképződés szempontjából aktívnek ítélt esetek és a felhősnek ítélt esetek (4 tizedet elérő borultság) egyezése 91,4%-os. A korrelációs koefficiens 0,81-nek adódott.

✱

Numerical forecasting of cloudiness is a very serious problem of meteorology to-day. Although a number of methods have been elaborated for the numerical forecasting of cloudiness, they are not accurate enough and are in most cases restricted to clouds at a given level or of a given type.

The greatest difficulty in working out a cloud forecasting method is that the observations of cloud amounts from the Earth's surface yield point values, which may substantially differ even at geographically very closely located points, and which may, at the same location, change within an hour from 0 to 10 tenths or vice versa. It is therefore obvious that the research work on forecasting of cloudiness should be oriented towards large-scale cloudiness, in which the above mentioned small-scale variations do not manifest themselves. The small-scale variations cannot, in any case, be detected with the present density of the station network and frequency of observations.

Quantitative data on large-scale cloudiness have become available only with the advent of satellite pictures, which considerably facilitate cloud forecasting research and even form the basis of the solution of the problem as far as numerical cloud forecasting is concerned.

One of the several possible ways of forecasting cloudiness is to forecast vertical motions, i. e. the most important cloud generating factor. According to *Appleman* (1961), this is the way that leads to the final solution of the problem of cloud forecasting.

The present paper gives an account of our research in this direction. The purpose of our investigations was to find out how far it is possible to "approach" the cloud field through the description of the vertical motions

or, in other words, to what extent the cloudiness may be determined by vertical motions.

1. *The method used.* In our previous paper (Fekete, 1977) we examined, through a case study, the degree of agreement between the cloud field and the field of vertical motions. In that paper, the large-scale vertical current was characterized by Tünczer's method (1974/a), the convection was described by the K^* index, and the turbulence was represented by Ri^* , i. e. the Ri number as modified by Tünczer (1974/b). In the case examined, an agreement of 88 % was found between the field of the vertical motions and that of the cloudiness.

Therefore, we felt it appropriate to check the method on a certain amount of statistical data and to further develop it. The study was carried out for the area of a circle of 150 km radius centred at Budapest, for the summer months (June, July, August) of 1972. The numerical values of the cloudiness were taken from the cloud mosaic pictures of the *Meteorologische Abhandlungen*, which are composed of satellite pictures taken in the morning (about 11 hours). In respect of cloud amount, the cases were classified into two categories, namely those with less than 4 tenths (clear) and those with 4 tenths or more (cloudy). The only purpose of the study was to distinguish these two cases with the aid of the parameters.

Since the method used in the case study proved to be satisfactory, it was not basically modified. The K^* index introduced previously was not, however, used. As explained in our above mentioned paper, K^* was earlier applied because it had been observed that the K index systematically underestimated or overestimated the cloudiness, depending on the temperature. In other words, the critical value of the K index is temperature-dependent. We wished to clarify this relation on the basis of the statistical material as precisely as possible. Furthermore, the problem of the critical value of Ri and the duration of the large-scale vertical ascending motion was also left open.

The open questions in the case of all the three parameters refer essentially to the selection of the critical values, as these have a substantial effect on the results.

The selection was made empirically, thus our method can be regarded as semi-empirical. The criteria were adjusted to the observed facts. The statistical material, like any data set for a selected short period, is influenced by the characteristic features of the given period and geographical area. The method should therefore be verified before final adoption.

2. *Characterization of the convection, taking into account the temperature-dependence of the K index.* In Figure 1, the values of the cloud amount in tenths are indicated on a $t_{850} - K$ diagram. (t_{850} denotes the temperature at the 850 mb level, and K is the K index.) The figure clearly shows that the cloud amount has a definite growing tendency when moving from low K indexes and high temperatures towards high K indexes and low temperatures. The temperature-dependence of the critical value of the K index is also evident from the figure.

The line of the critical value of $K = 20$ is marked by *I*. This corresponds to disregarding the temperature-dependence of the K index.

The use of the straight marked by *II* as the critical value corresponds to using the K^* index. This is so because the $K^* > 20$ criterion is equivalent to the criterion $K > t_{850} + 8,5$, which is represented by the straight *II*.

It will be seen that the straight *II* separates the clear areas from the cloudy ones somewhat better than the straight *I*. This proves the superiority of the K^* index. It may also be seen from the figure, however, that when introducing K^* , the temperature-dependence was not taken into account to the required extent, and that there exists a better separating line.

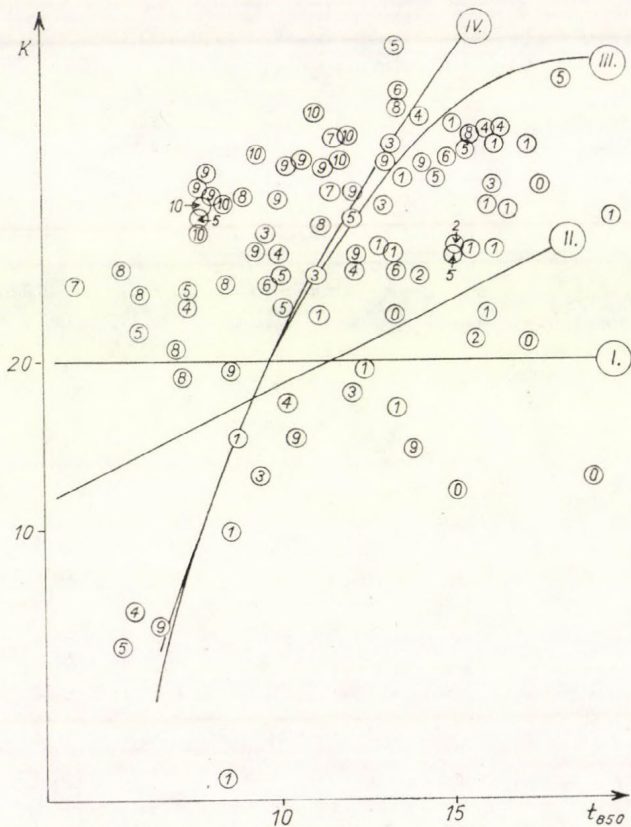


Fig. 1: Values of the cloud amount in tenths on a $t_{850} - K$ diagram. (Hungary, Summer 1972)

We decided to seek the dividing line not as a straight but in the form of a curve. The line marked by *III* is a parabola fitted with the method of the least squares. Its equation is

$$K = -0,25t_{850}^2 + 8,98 t_{850} - 44,10.$$

Line *IV* is a logarithmic curve, fitted with the method of the least squares, with the equation

$$K = 42,284 \cdot \log_e t_{850} - 76,123.$$

The results given by the logarithmic curve were by 2 % better than those gained by the parabola, therefore the logarithmic curve was taken as the critical value of K .

From our criterion it follows that the convective activity produces

cloud amounts reaching or exceeding 4 tenths in those cases which are represented above the logarithmic curve on the $t_{850} - K$ diagram.

Figure 2 shows those cases in which we regarded convective activity as the decisive cloud-generating factor. Black circles represent the cases when the cloud amount reached 4 tenths, and the white circle corresponds to the

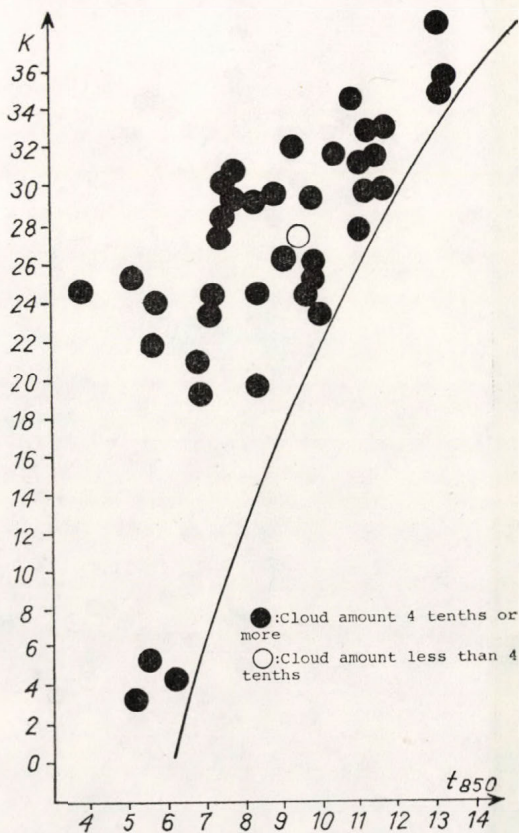


Fig. 2: Cases of convective activity considered as active in respect of cloud formation, represented on a $t_{850} - K$ diagram. (Hungary, Summer 1972)

case when the cloud amount remained below 4 tenths. Convective activity occurred in 41 cases, of which in 40 cases the cloud amount reached or exceeded 4 tenths.

3. Cases of occurrence of large-scale ascending motion which were considered active with regard to cloud formation. Large-scale vertical motion does not necessarily lead to cloud formation. Whether it can be regarded as active with respect to cloud formation depends on the vertical temperature and humidity profiles as well as on the duration of the vertical motion. Simplifying assumptions must therefore be made for the calculations. The vertical motions were assumed to be stationary and their duration was taken to be 12 hours. When the large-scale ascending motion was active for cloud formation preceding the day in question, the assumed duration was increased to 24 hours.

In *Figure 3* are represented those cases when the large-scale vertical motion according to our criteria was taken as active.

Here, too, error is found in one case only. Large-scale vertical motion indicated cloud amounts equal to or greater than 4 tenths in 30 cases, in 29 of these such amounts of cloud in fact occurred.

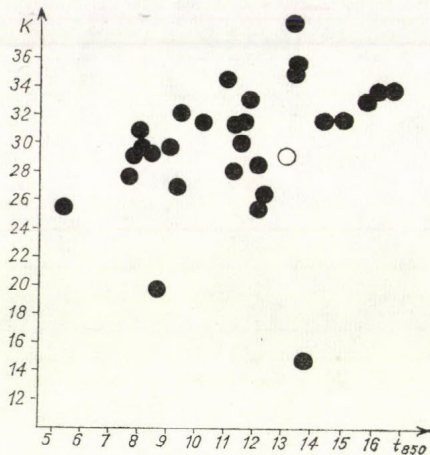


Fig. 3: Cases of large-scale ascending motion considered as active in respect of cloud formation. (Hungary, Summer 1972). The symbols are identical with those for Figure 2.

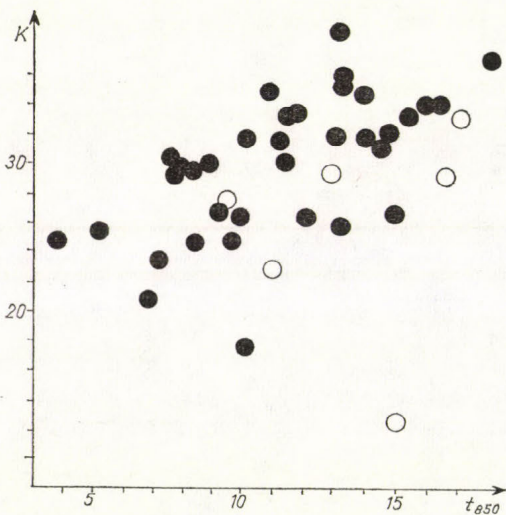


Fig. 4: Cases of occurrence of turbulence. (Hungary, Summer 1972). The symbols are identical with those for Figure 2.

4. *Study of the turbulence.* As mentioned above, the Ri^* number was used for the parametrization of the turbulence. The critical value was arbitrarily chosen to be 5. A lower critical value was also selected at -10 . The selection of a lower critical value is justified also on physical grounds. All the cases where Ri^* was between 5 and -10 were considered active with regard to cloud formation.

The deficiencies of the Richardson number as well as its loose relationship with cloud formation suggest that the results cannot be very good.

Figure 4 indicates those cases where turbulence, according to our criteria, led to cloud formation.

It may be seen that this parameter has a much weaker correlation with cloudiness than have the former two. Out of 40 cases, this indicator proved to be wrong on 6 occasions.

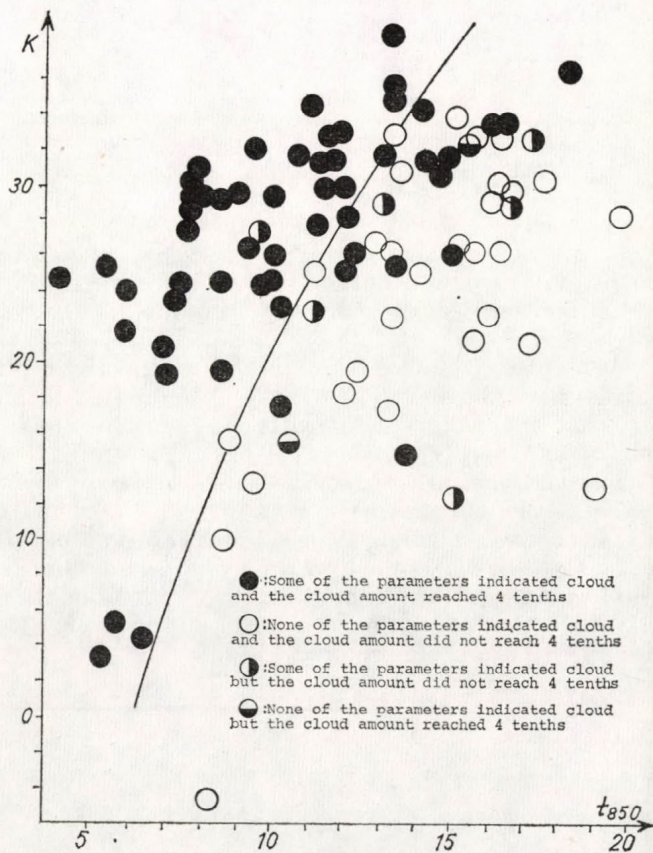


Fig. 5: Comparison of the occurrences of the cloud-generating factors with the observed cloudiness. (Hungary, Summer 1972)

5. Comparison of the results obtained for the different forms of motion. The material processed covers 92 cases. Let us examine the distribution of these cases. In the table below, *L* denotes large-scale vertical motion, *C* – convection and *T* – turbulence.

	LCT	LC	LT	CT	L	C	T
Number of cases in which the parameter was regarded as leading to cloud formation:	14	6	7	8	3	13	11
Number of cases in which cloud amounts reaching 4 tenths occurred:	14	6	6	7	3	14	7

None of the parameters was considered as active for cloud formation in 30 cases, of these in 2 cases cloudiness reaching 4 tenths occurred. It may be

seen that there were 35 cases of co-occurrence, i. e. cases in which several cloud-generating factors were present according to our method. In 57 cases at most one cloud forming reason was found.

6. *Evaluation of the method.* Figure 5 represents all the cases included in the study.

The results may be summarized in a quantitative manner as follows:

Some of the parameters	Cloudiness	
	occurred	did not occur
indicated cloud	56	6
did not indicate cloud	2	28

It will be seen that of the 92 cases (relating to Central Europe, summer months, daytime), our method proved to be correct in 84 cases and it failed in 8 cases. The verification score of the method is 91,4 %. The correlation coefficient is 0,81.

As explained above, the method is directly applicable only to a homogeneous material, and it has not been subjected to checking. We consider it likely that it would give somewhat worse results on a larger statistical material but it would hardly prove to be basically wrong.

The verification score of 91,4 % shows, however, even without more extensive checking that the basic concept, which existed at the beginning of the study and was not changed, is sound. The suitability of the parameters used and of the criteria applied can be assessed primarily from the information given in point 5 above. The only data required for the elaboration of the parameters and the calculation of the critical values are the fields of temperature, pressure, wind and dew point.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2. szám. 1979. márc.—ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar—Apr 1979. Budapest

Short range forecast of precipitation with the aid of learning algorithms

J. BAK, *Semmelweis Medical University, Budapest, O. GULYÁS, Central Meteorological Institute, Budapest, T. TÁNCZER, Central Institute for Atmospheric Physics, Budapest*

■ A csapadék rövidtávú előrejelzése tanuló algoritmusok segítségével. Dolgozatunkban a 12 óra alatt lehulló csapadékösszeg átlagos mennyiségének becslését vizsgáljuk a Dunántúl területére. A becslés advektív előrejelzési technikával előállított prediktorokra támaszkodik. Az előrejelzést (becslést) elektronikus számítógépen megvalósított tanuló algoritmusok felhasználásával hajtjuk végre. Az elemzésre került időszak: 1975, 1977–1978 nyári hónapjai.

✱

■ *1. Introduction.* In this paper the connection between the average precipitation amount falling out over the territory of Transdanubia during the 6–18 hours following the initial data, on the one hand, and different meteorological parameters, on the other, is studied. The aim of these investigations is the development of a statistical forecasting procedure applicable also in routine service.

The basis of this procedure is an indicator system consisting of ten elements and produced by an advective forecasting technique. The advection has been determined on the 700 mb contour charts by supposing that the whole air column maintains vertical attitude along its trajectory. The indicators are based on data of 850, 700 and 500 mb levels and on those of thickness of 1000 to 500 mb layer. From the indicators predictors were formed by expanding in natural orthogonal series and, after that, by their standardization.

The average precipitation (\overline{RR}) has been estimated from the observations of 20 stations situated within a circle of a diameter of 200 km (*Fig. 1.*), and they were ranged into four classes: $\overline{RR}=0$, $0 < \overline{RR} \leq 1$, $1 < \overline{RR} \leq 5$, and $\overline{RR} > 5$. The learning sample was composed of the daily two (00 and 12 GMT) predictor values of the summers 1975 and 1977 while data of the summer months of 1978 were used for test. Thus the construction of the forecast equations was carried out on the basis of 306 vectors (in view of omitting August 1977); the forecasting itself was performed in 183 cases.

On the above mentioned sample a learning algorithm program system, based on the majority principle, was operated, which is known under the technical denomination "Committee Machine", (hereinafter called: "CM"). In the algorithm CM three kinds of alternative decisions were applied for the

above classes. This decision rule was applied for the learning sample and it was tested with the data of summer 1978.

Concerning the learning sample correct (within the classes) decisions were obtained in 67 % of the cases but by tolerating one class of errors 95 %

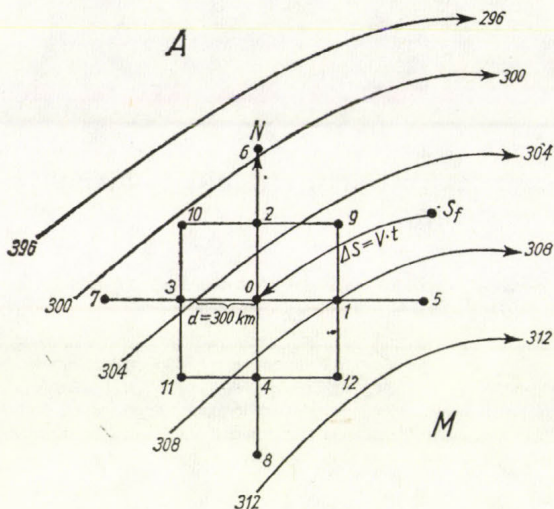


Fig. 1: Advective forecasting technique followed in the construction of predictors.

of the cases furnished correct decisions. Consequently false decisions were happened only in 5 percents of the cases. In the course of the forecasts the same characteristics were 43, 82 and 18 % respectively.

2. *The indicators.* In the papers [5] and [6] of T. Tünczer (1975) a precipitation forecasting model has been presented, with an indicator system applicable for developing a multidimensional non-parametered statistical method. This system consisting of 10 indicators was used in the present paper. The values of indicators were produced using advective forecasting technique, with the aid of the working charts of the Central Forecasting Institute. The indicators were extrapolated to the middle of the forecasting interval and to the central territory of the forecasting region (i. e. roughly to the northern basin of Lake Balaton). The extrapolation was carried out in such a way that on the 700 mb contour chart starting from the forecasting place a trajectory was constructed upstream according to wind run in 12 hours and the values of the indicators calculated for the extreme point of the trajectory were considered valid after 12 hours in the forecasting region. This procedure is illustrated in Fig. 1.

The indicators were chosen according to the following requirements:

1. to characterize the saturation conditions and the humidity of the atmosphere;
2. to include parameters showing close connections with the macro-scale vertical motion;
3. to characterize the front activity;
4. to imply characteristics for the vertical instability and the atmospheric turbulence;
5. to relate to several tropospheric levels, since at least the lower half of the troposphere takes part in the formation of clouds and precipitation.

In addition to the above principal aspects, attention had to be paid also to peculiarities of the observational system and to the problems of the predictibility. Taking into account the above mentioned the applied indicators were selected as follows:

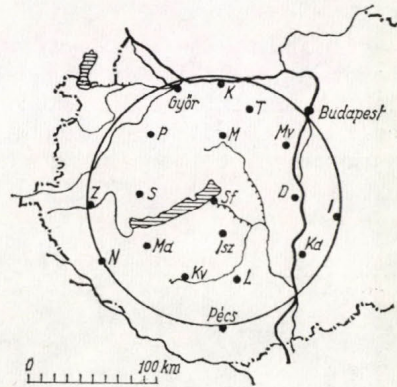


Fig. 2: Station network used in the verification of precipitation forecasts.

- $\nabla^2 H_{850}$ = relative geostrophic vorticity at 850 mb level;
- $|\nabla H_{1000}^{500}|$ = 500/1000 mb thickness gradient;
- H_{500} = geopotential value at 500 mb level;
- R_i^+ = Richardson-number modified with regard to saturation conditions;
- A_{ζ} = geostrophic vorticity advection at 500 mb level;
- K = Whiting's instability index;
- $|\nabla H_{500}|$ = 500 mb contour gradient;
- $\nabla^2 H_{500}$ = geostrophic vorticity at 500 mb level;
- T_{500} = temperature at 500 mb level;
- W = precipitable water content.

3. *Data basis.* The system of indicators composed of the above 10 parameters may be considered as a vector random variable:

$$\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{10}).$$

The data basis contains the series of the vector random variable denoted by

$$x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_{10}^i),$$

where the upper index is the serial number, $i=1, 2, \dots, n$. The data basis consists of two parts. The first part, the learning sample including 306 cases, has been composed from indicators computed twice daily during the summers of 1975 and 1977 with the method described above. The second part, the testing sample, comprises the series of indicators of the summer of 1978. The vector of indicators was completed by the average regional precipitation amount. The indicator vector (x^i) determined from data measured at the time "t", was related to the average precipitation (y^i) fallen out at the investigated 20 stations from $t+6$ till $t+18$, measured at $t+18$ h. The situation of the stations is represented in Fig. 2.

The thus determined data basis (data-matrix)

$$\begin{aligned}
 x^1 &= (x_1^1, \dots, x_{10}^1), & y^1; \\
 x^2 &= (x_1^2, x_2^2, \dots, x_{10}^2), & y^2; \\
 &\vdots & \\
 x^{489} &= (x_1^{489}, x_2^{489}, \dots, x_{10}^{489}), & y^{489};
 \end{aligned}$$

was submitted to statistical analyses. Calculated were their average, their dispersion, the matrix of correlations between the indicators, and the correlation vectors between the indicators and the average precipitation. No detailed analysis of them is presented here; merely some characteristic results of computing are shown in *Table I*.

TABLE I

Main statistical characteristics of the indicators in the learning sample. \bar{x} - average value of the indicators, σ - dispersion of the indicators, ρ - correlation coefficient of the indicators with \overline{RR} .

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
\bar{x}	-0,7	7,5	72,6	21,9	8,5	24,7	7,7	0,5	25,4	14,9
σ	8,3	4,4	6,3	37,1	53,7	7,8	4,0	5,0	5,6	2,7
ρ	0,46	0,33	-0,26	-0,25	0,13	0,27	0,28	0,32	0,21	0,0

Between the indicators the following correlation coefficients are remarkable:

$$R(6,9) = 0,91, \quad R(2,7) = 0,72, \quad R(2,10) = 0,69, \quad R(9,10) = 0,53.$$

The other correlations can be neglected.

4. *The predictors.* The system of indicators is to be transformed to a form more adequate for statistical decisions. For this purpose the data basis was converted. The converted forms of the indicators were referred to as predictors. When forming the predictors essentially two aims were envisaged: (i) the elements of the new system be independent, (ii) the participation of the different components in the decision be approximately uniform. Therefore the data were expanded in natural orthogonal series and standardized.

Let R denote the covariance matrix of vector ξ , furthermore φ_i and λ_i be the eigenvectors and eigenvalues of the covariance matrix respectively, i. e.

$$R\varphi_i = \lambda_i \varphi_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10.$$

As it is known, the vectors φ_i can be transformed to orthogonal ones and so the indicator-vectors may be constructed by the system of the coefficients of expansion in series

$$\begin{aligned}
 \xi &= (\xi, \varphi_1) \varphi_1 + (\xi, \varphi_2) \varphi_2 + \dots + (\xi, \varphi_{10}) \varphi_{10} = \\
 &= \zeta_1 \varphi_1 + \zeta_2 \varphi_2 + \dots + \zeta_{10} \varphi_{10}.
 \end{aligned}$$

The determining of the system of the coefficients $(\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_{10})$ is equivalent to determining of ξ (one of them can be determined from the other), but the coefficients are already uncorrelated. The standardized system of coefficients was applied as predictors. As a basis of forecasting this transformed coefficient system of the indicators $(z_1^i, z_2^i, \dots, z_{10}^i, i = 1, 2, \dots, n)$ was used, i. e.

$$x^i \rightarrow (z_1^i, z_2^i, \dots, z_{10}^i), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

5. *The algorithm of forecasting.* Let us now consider the system of predictors involving implicit the observations. These form points in a ten dimensional space. As the basis of our procedure it is supposed that the point-scatter will form such groups separating in the space that the points belonging to identical precipitation averages will be included into the same group. On the basis of the sample the applied algorithm CM will generate such hyperplanes that will separate these point-groups up to a possible rate. Let $z^j = z_1^j, z_2^j, \dots, z_{10}^j$ denote a ten dimensional sample point. Further, let $\gamma^j = (\gamma_0^j, \gamma_1^j, \dots, \gamma_{10}^j)$ be the normal to one of the hyperplanes of the ten-dimensional space. To one side of the hyperplane belonging to the normal will come the points for which $(\gamma^j, z) + \gamma_0^j > 0$ while to the other side will come those for which this quantity is negative. Let us select uneven-numbered hyperplanes, $2L+1$. Let us divide the space into two parts, viz. A and \bar{A} in accordance with the decision of the majority of the hyperplanes.

In mathematical form $z \in A$, if

$$\sum_{j=1}^{2L+1} \text{sign} [(\gamma^j, z) + \gamma_0^j] > 0$$

and, inversely $z \in \bar{A}$ if

$$\sum_{j=1}^{2L+1} \text{sign} [(\gamma^j, z) + \gamma_0^j] \leq 0.$$

A learning algorithm program system has been elaborated by us [1] for an electronic computer, type $R-20$ of the Computing Technique Group of the "Simmelweiss" Medical University. This program system includes the algorithm CM which determines the above system of hyperplanes separating the pointscatter.

The problem was solved in three steps. Each one of the steps contains a binary decision with the aid of five hyperplanes each. The decision itself is thus a triple of numbers each of them will be 0 or 1 depending on the decision by the hyperplanes.

The triples of numbers define the classes of the average precipitation as follows:

0xx	$\overline{RR}_c = 0,$	Class 1
10x	$0 < \overline{RR}_c \leq 1,$	Class 2
110	$1 < \overline{RR}_c \leq 5,$	Class 3
111	$5 < \overline{RR}_c,$	Class 4

X denotes cases when there is no decision.

As to a more detailed description of the method see [2], [3] and [4].

6. *Conclusions.* Experiments were made by several decision algorithms. The most appropriate results were obtained by the algorithm CM. Here, using the above defined predictor-system a ranging into four classes was carried out. Five hyperplanes were determined on the basis of the learning sample and, also based on this sample there were computed the eigenvectors and the constants of standardization. The results were controlled first on the learning sample and, after that, on the testing sample. Of course, better results were obtained on the former cases. The connection between the decisions by computer and the actual precipitation averages is shown in *Table II*.

It can be seen from the *Table II* that on the learning sample correct decisions were obtained in 204 cases, i. e. in 67 % of all cases, but with a tolerance of one class the number of correct decisions rose to 290 cases, i. e. 95 %. 16 decisions can be considered as wrong (5 %). In the testing sample entirely correct decisions were attained in 80 cases (43 %), with a tolerance of one class in 150 cases, (82 %) and the number of wrong forecasts was 33 (18%).

TABLE II

Connection between the precipitation averages ($\overline{RR_c}$) obtained by the computer and the actual precipitation averages ($\overline{RR_a}$) in the learning and the testing samples respectively.

		Learning sample				Testing sample			
		$\overline{RR_c}$ classes				$\overline{RR_c}$ classes			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
$\overline{RR_a}$	1.	104	40	1	0	64	27	8	4
classes	2.	20	45	5	1	16	9	10	5
	3.	10	8	39	9	10	8	6	5
	4.	4	0	4	16	2	4	4	1

These results are rather promising from the aspect of further experimentations. A further aim of such experiments can be e.g. the reduction of the dimension or the inclusion of other seasons. It is to be emphasised however, that the developed forecasting model seems to be appropriate — even in its present stage with comparatively more moderate results — for forecasting the average precipitation amount.

REFERENCES

- [1] Bak M.—Szédeczky—Kardoss G.: Osztályozó algoritmusok rendszere. SOTE. Kézirat 1977.
- [2] Gulyás O.—Révész P.: Statisztikus alakfelismerés. Fejezetek a matematikai statisztika alkalmazásaiból. BJMT. Jegyzet, IV. fejezet, 1978.
- [3] Nilsson N. J.: Learning Machines. MacGraw Hill. 1965.
- [4] G. Szalay—L. Molnár—O. Gulyás: O primenenije algoritmov obucsenija v meteorologii... Acta Cybernetica. 1. 3. 1972. 201—218.
- [5] Tünczer T.: Kísérlet többparaméteres mennyiségi csapadék-előrejelzései modell felállítására Magyarország területén. Időjárás, 79. 3. 1975. 133—143.
- [6] Tünczer T.: Több-paraméteres csapadék-előrejelzési módszer kipróbálása a Dunántúlon 1975 nyarán. Beszámoló az 1975-ben végzett tudományos kutatásokról. 97—103. o. Budapest, 1978.

IDÓJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 2. szám. 1979. márc.-ápr.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 83. No. 2. Mar—Apr 1979 Budapest

Az SI mértékegység rendszer a meteorológiában

PÉCZELY GYÖRGY, JATE Éghajlattani Tanszék, Szeged

E cikk közlése alkalmából is felhívjuk szerzőink figyelmét, hogy a szakcikkekben előforduló dimenziók kifejezésekor ezentúl az SI mértékegység rendszer használata kötelező, közlésre csak azt a tanulmányt fogadjuk el, amelyben ez a feltétel megvalósult.

Szerkesztőség

Az egységes mértékegység rendszer bevezetése a különböző tudományokban és a gyakorlati életben az emberiség régi törekvése. A döntő lépést ennek érdekében a francia forradalom tette meg. A Konvent 1793-ban elfogadott határozatával áttért a *tizes egységekre* és kimondta a méterrendszer bevezetését „minden időkre, minden népnek”. A komolyabb előrehaladást azonban csak a fizika fejlődése adhatta meg, biztosítva az alapegységek túlnyomó részének olyan *természeti állandókra* történő visszavezetését, amelyek jelen ismereteink szerint az időben változatlanok, s előállításuk megadott módszerekkel mindenki számára mindenütt és bármikor elvégezhető.

Az első egységes, tudományos mértékegység rendszert *Karl Friedrich Gauss* (1777 – 1855) német matematikus állította össze. 1832. december 15-én nyújtotta be a göttingeni tudós társaságnak azt a munkáját, amelyben kidolgozta a mértékegység-rendszerek felépítésének módszertanát. Felismerte, hogy három tetszés szerint kiválasztott alapegységből a többi fizikai mennyiségi mértékegysége leszármaztatható. Rendszerét CGS, vagy abszolút mértékegységrendszernek nevezte el, úgy gondolva, hogy a fizikai mérés problémáját véglegesen megoldotta.

Magyarországon először 1874. április 21-én jelent meg törvény a méterrendszer bevezetéséről. 1976-ig az 50/1960. sz. kormányrendelet szabályozta a törvényes mértékegységeket, amelyek között a CGS és az SI egységei vegyesen szerepeltek.

A 8/1976 (IV. 27) számú Minisztertanácsi rendelet rögzítette az SI mértékegység-rendszer kötelező bevezetését.

Az SI elnevezésű új nemzetközi mértékegység-rendszert (francia elnevezése: *Système International d'Unités*, ennek rövidítése az SI) 1960-ban alkották meg. A *KGST* 36. ülészakán elfogadott ajánlás szerint a tagországok, így hazánk is, 1980. január 1-ig áttérnek az SI mértékegység-rendszerre. Hasonló döntés született a *Közös Piac* országaiban is, hol az áttérés határidejét 1978. január 1-ben állapították meg.

Az új mértékegység-rendszer bevezetése számos, a meteorológiában eddig

évtizedeken keresztül alkalmazott fizikai mennyiség megszokott értékét, mértékegységét megváltoztatja. A zavartalan tudományos érintkezés érdekében szükséges, hogy a teljes áttérés az új egységekre szaktudományunkban is mielőbb megtörténjen. Ez egyes esetekben (pl. régi, kalórikus mértékegységben megadott sugárzási térképek átszerkesztése *SI* egységekre) nem kis munkát jelent, ezt azonban mielőbb el kell végezni.

Következőekben – a teljesség igénye nélkül – rövid áttekintést adunk az *SI* mértékegység-rendszerről, s közöljük azokat a *CGS* – *SI* egységek közötti fontosabb átszámítási kulcsokat, amelyekre a meteorológiában leggyakrabban szükség lehet.

Az *SI* rendszer alapegységekből, kiegészítő egységekből és származtatott egységekből épül fel. Az *alapegységek* a következők: *méter* (hosszúság), *kilogramm* (tömeg), *másodperc* (idő), *amper* (elektromos áram erőssége), *kelvin* (termodinamikai hőmérséklet), *mól* (anyagmennyiség), *kandela* (fényerősség). A 7 alapegység mellett az *SI* rendszer két *kiegészítő egységet* is használ, ezek a *radián* és a *steradian*, a síkszög illetve a térszög mértékegységei. A *származtatott egységek* az alap- és kiegészítő egységek hatványainak szorzatai vagy hányadosai. A mértékegységek többszörösét és törtrészeit az egység neve elé írott, szorzótényezőt jelentő *SI prefixumok* segítségével képezzük. Ezek a következők:

10^{12}	= tera (T)	10^{-2}	= centi (c)
10^9	= giga (G)	10^{-3}	= milli (m)
10^6	= mega (M)	10^{-6}	= mikro (μ)
10^3	= kilo (k)	10^{-9}	= nano (n)
10^2	= hekto (h)	10^{-12}	= piko (p)
10^1	= deka (da, dk)	10^{-15}	= femto (f)
10^{-1}	= deci (d)	10^{-18}	= atto (a)

Így az eddig μ -vel jelölt és *mikronnak* nevezett hosszúság az *SI* rendszerben a *mikrométer* (μm), mivel értéke 10^{-6}m . E mellett a rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzásoknál (pl. UV- és röntgen sugárzás) célszerű a méter 10^{-9} részének prefixumként való alkalmazása a *nanométer*, pl. a $0,28 \mu\text{m}$ hullámhosszúságú UV sugárzás hullámhosszát 280 nm (nanométer) egységben fejezhetjük ki. Az *Ångström* (Å) hosszegység (10^{-8} cm) alkalmazását viszont, amelyet a kicsiny hosszúságok mérésénél eddig elterjedten használtak, a jövőben mellőzni kell ($1 \text{ Å} = 10^{-1} \text{ nm} = 10^{-4} \mu\text{m}$).

Az *I. táblázatban* megadjuk a meteorológiában gyakran használt néhány fizikai mennyiség *SI* rendszerbeli egységét és az átszámító tényezőt, amellyel a *CGS* rendszerben megadott értékét meg kell szoroznunk, ha azt *SI* egységekben akarjuk megkapni.

Az *SI*-rendszer hét alapegységén kívül a magyar gyakorlatban még három kategória van. Elsősorban a nemzetközi mértékegység-rendszeren kívüli, *korlátozás nélkül* használható törvényes mértékegységek. A meteorológiai gyakorlat számára ez a kategória fontos, miután itt található a szélirány megadásához szükséges fok, a hőmérsékletnél megszokott Celsius-fok és a szélesség egységeként időnként használt km/h egység, de ide tartozik a Gergely-naptár is.

A következő kategória a nemzetközi mértékegység-rendszeren kívüli, kizárólag *meghatározott szakterületen* használható törvényes mértékegységek. Itt a számunkra legfontosabb a csak gázok nyomásának meghatározására használható nyomásegység a bar (illetve törtrészei, pl. mbar) szerepel.

I. TÁBLÁZAT

A meteorológiában gyakran használatos néhány fizikai mennyiség SI-rendszerbeli egysége, és az átszámító tényező, amellyel a CGS-rendszerbeli egységét meg kell szorozni, ha SI-egységben akarjuk kifejezni

Mennyiség	Jele	Egysége		Átszámító tényező CGS-ről SI-re
		SI	CGS	
hosszúság	[l] =	m	cm	10^{-2}
tömeg	[m] =	kg	g	10^{-3}
idő	[t] =	s	s	
hőmérséklet	[T] =	K, °C	K, °C	
terület	[A] =	m ²	cm ²	10^{-4}
térfogat	[V] =	m ³	cm ³	10^{-6}
fajlagos térfogat	[V] =	m ³ ·kg ⁻¹	cm ³ ·g ⁻¹	10^{-3}
sűrűség	[ρ] =	kg·m ⁻³	g·cm ⁻³	10^3
sebesség	[V] =	m·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	10^{-2}
gyorsulás	[a] =	m·s ⁻²	cm·s ⁻²	10^{-2}
erő	[F] =	m·kg·s ⁻² (1 newton = 1N)	cm·g·s ⁻² (1 din)	10^{-5}
nyomás	[p]* =	m ⁻¹ ·kg·s ⁻² (1 N·m ⁻² = = pascal = 1Pa)	cm ⁻¹ ·g·s ⁻² (1 din·cm ⁻²)	10^{-1}
munka, energia	[W] =	m ² ·kg·s ⁻² (1 joule = 1 J)	cm ² ·g·s ⁻² (1 erg)	10^{-7}
hőenergia	[Q] =	1 J	1 cal	4,1868
teljesítmény	[P] =	J·s ⁻¹ (1 watt = 1 W)	erg·s ⁻¹	10^{-7}
fajhő	[c] =	m ² ·s ⁻² ·K ⁻¹	cal·g ⁻¹ ·K ⁻¹	$4,1868 \cdot 10^3$
hővezető képesség	[λ] =	J·m ⁻¹ ·s ⁻¹ ·K ⁻¹	cal·cm ⁻¹ ·min ⁻¹ ·K ⁻¹	6,978

* A nyomás [p] meteorológiában alkalmazott egységei: 1 bar = 10⁵ Pa, 1 mbar = 10² Pa, 1 torr = 1,333·10² Pa

A negyedik kategória tartalmazza azokat a mértékegység-rendszeren kívüli, átmenetileg használható törvényes mértékegységeket, amelyek 1980 január 1-ig használhatók akár magukban, akár más mértékegységekkel kombinálva. E csoportba olyan, sokat használt egységek tartoznak mint a higany-milliméter, vízoszlop-milliméter, lóerő, kalória, curie, röntgen stb. Ezen egységeket tehát már csak 1980-ig használhatjuk.

A légnyomás SI-beli egysége a *pascal*, azonban miután ez túlságosan kicsiny egység, a meteorológiában továbbra is alkalmazható annak százszorosa a *millibar* (helyes rövidítése *mbar*, szemben a – valószínűleg rövidebb írásmódja miatt – általánosan elterjedt *mb* rövidítéssel!). A *torr* vagy *Hgmm* ezentúl nem használható. A WMO is a *mbar* használata mellett foglalt állást.

A legtöbb gondot kétségtől az elterjedt kalorikus egységek átszámítása okozza, ahol nemcsak a kalória–joule átszámítást kell elvégeznünk, hanem az értékeket ugyanakkor cm²-ről m²-re és min-ről s-ra vonatkoztatjuk. Ezt a többszörös átszámítást egyesíti az alábbi összeállítás:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} &= 697,8 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \\
 &= 697,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\
 1 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} &= 4,1868 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\
 1 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2} &= 41,868 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}
 \end{aligned}$$

Folyamatos és egyenletes energia kibocsátásnál (pl. elektromágnesesen sugárzó testek esetén) az időegység alatt kibocsátott energiamennyiség *teljesítményként* értelmezendő, ezért azt *wattban* fejezzük ki, s a teljesítmény felületegységen áthaladó energiamennyiségre vonatkoztatjuk ($W \cdot m^{-2}$).

Az elmúlt évtizedek során kialakult és több éves, széles körű előkészítő munkával kidolgozott SI-rendszer most helyettesíti a korábban és még ma is használt különféle CGS és technikai mértékrendszerek egységeit. Nézzük milyen előnyökkel jár és milyen problémákat vet fel az új rendszer.

Az SI megkönnyíti a különböző országok gazdasági és tudományos együttműködését. A legtöbb ország ezért, közöttük a mértékegység változtatás szempontjából nálunk jóval nehezebb helyzetben levő angolszász országok is következetesen áttérnek az SI egységek használatára.

Az SI másik előnye, hogy egy mennyiségnek csak egy egysége van. A legjelentősebb ebből a szempontból a munka, illetve az energiaegységek számának csökkenése. A már megszokott méterrendszer és a hagyományos elektrotechnika egységei közül csak néhányat kell megváltoztatni.

Az új rendszer harmadik előnye, „koherenciája”. A koherencia fogalma itt azt jelenti, hogy az SI egységei a rendszer alapegységeiből leszármatathatók anélkül, hogy 1-től eltérő arányossági tényezők volnának. (Az óra például nem koherens a perccel, mert egy perccel hatvannal kell megszorozni, hogy egy órát kapjunk.)

Az SI-rendszer megalkotásánál arra is figyelemmel voltak, hogy olyan fizikai mennyiségeket válasszanak alapegységnek, amelyek megfelelő pontossággal előállíthatók. Ezt az elvet azonban még nem lehetett teljes következetességgel végrehajtani. Az SI-alapegységek reprodukálási pontossága jelenleg az alábbiak szerint biztosítható: másodperc 10^{-12} , kilogramm 10^{-9} , méter 10^{-8} , kelvin $5 \cdot 10^{-7}$, amper 10^{-6} , kandela 10^{-3} . Az utóbbi öt év alatt pl. a méter reprodukálási pontossága két, a másodperc öt nagyságrenddel növekedett, új mérési módszerek bevezetésével.

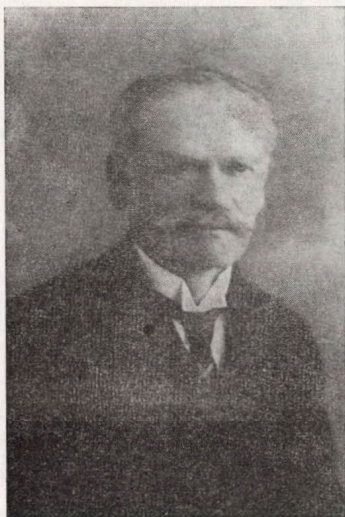
Végül még néhány, a meteorológiában gyakrabban használt fizikai konstans SI-mértékegység rendszerbeli értékét közöljük:

Száraz levegő gázállandója	$287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
– állandó nyomáson vett fajhője	$1005 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
– állandó térfogaton vett fajhője	$718 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
Napállandó (NASA, 1971)	$1,354 \pm 0,02 \text{ kJm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} =$ $= 1,354 \pm 0,02 \text{ kWm}^{-2}$
Stefan-Boltzmann állandó	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$
Víz fajhője	$4187 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
Víz párolgási hője	
– (40 °C)	$2,41 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
– (15 °C)	$2,47 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
– (0 °C)	$2,50 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Vízgőz állandó nyomáson vett fajhője	$1850 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
– állandó térfogaton vett fajhője	$1390 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
1 mm csapadékmagasság	$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

RÓNA ZSIGMOND ALAPÍTVÁNY

Róna Rózsa (Szabó Józsefné) nyugalmazott pedagógus, Dr. Róna Zsigmondnak az Országos Meteorológiai Szolgálat – akkor m. kir. Országos Meteorológiai Intézet – egykori igazgatójának leánya, édesapja tiszteletére és emlékeztetére, valamint a meteorológia tudományának pártolására 1977-ben, alapítvány létrehozása céljából százezer forintot ajánlott

fel a Magyar Meteorológiai Társaságnak. A felajánlást az MMT köszönettel és örömmel elfogadta. A felajánlást követően egy év alatt intéződött el az alapítvány létrehozásának jogi formulázása, így az alapítvány hivatalos szabályzatának kelte 1978. december 20. A szabályzat teljes szövegét az alábbiakban közöljük.



Róna Zsigmond



Róna Rózsa

A Róna Zsigmond alapítvány szabályzata

Szabó Józsefné szül. Róna Rózsa budapesti lakos (lakik Budapest XII., Böszörményi u. 19/a félem. 10.), mint alapítványt rendelő 100 000 azaz – egyszázezer – forint összegű alapítványt egyszeri szolgáltatásként, véglegesen, a következő feltételek mellett biztosítom:

a) Az alapítvány elnevezése – néhai Dr. Róna Zsigmond, az Országos Meteorológiai Intézet hosszú időn át volt igazgatója és a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke, tiszteleti tagja emlékére – RÓNA ZSIGMOND ALAPÍTVÁNY.

b) Az alapítvány az Országos Takaré-

pénztárnál, tartósan lekötött – évi 5%-kal kamatozó – takarékettként kezelendő.

Takarékbetét formájában az alapítvány aláírása és a felügyelő szerv jóváhagyása napjával a Magyar Meteorológiai Társaság tulajdonába kerül, amely egyúttal ezen szabályzatban rögzített feltételek között kezeli.

c) Az alapítvány évi kamataiból arra érdemes pályakezdő meteorológus (meteorológusok) részesülhet (részesülhetnek) évenként átadandó jutalom formájában.

d) A jutalom odaítélésére az elnökség javaslata és a választmány döntése alapján kerül sor, évente egy alkalommal.

e) Az alapítványból jutalmazhatók a Társaság tudományos tevékenységét

- aktív irodalmi, előadói munkával,
- a tudományos program szervezésével,
- tudományos társadalmi tevékenységgel elősegítő pályakezdő fiatal meteorológusok.

f) A jutalom indokolt esetben ketté osztva is kiadható.

g) A Magyar Meteorológiai Társaság esetleges megszűnése esetén az alapítvány ennek jogutódjára száll, s ha ilyen nem lenne, az Országos Meteorológiai Szolgálat (vagy annak jogutódjának) tulajdonába és kezelésébe kerül, azzal a megkötéssel, hogy az alapítvány kamatai az a) -f) pontok megtartásával, eredeti célkitűzéssel kerüljenek kiadásra.

* * *

Az alapítvány jogerőre emelkedése után az eseményt, az ajándékozás tényét *Béll Béla*, az MMT elnöke ismertette és méltatta a társaság 1979 februárjában tartott évváró ülésén megjelent tagság előtt.

Az alapítvány 1978-ban már a Társaság javára kamatozott, így ebből az alapból 1979 első negyedében sor kerül az arra érdemesek jutalmazására.

Róna Rózsa önzetlen és nemes - manapság szokatlan - cselekedete, elgondolkodtató, szép példája mind a tudomány megbecsülésének, mind pedig a gyermeki tiszteletnek és szeretetnek. Nemcsak a pályadíj, hanem a tett maga is lelkesítő és ösztönző hatású.

Meggyőződésünk, hogy az alapítvány igen jó célt szolgál, hiszen a jövő a pályakezdőké, a meteorológia tudományát ők viszik tovább. Ösztönzéstük, segítségük emellett megfelel *Róna Zsigmond* szellemének, aki nagy szaktudásával mindig jóindulattal tanította és irányította fiatalabb kollégáit, s aki szerkesztői tollával mindig csak javított, sohasem szűrt.

Lapunk hasábjain - ez alkalommal is - őszinte tisztelettel adózunk a kiváló magyar klimatológus, lapunk 1927 - 1939 között volt szerkesztője, az MMT első elnöke, alapító és tiszteleti tagja emlékezetének, valamint nagyrabecsülésünket fejezzük ki leányának, *Róna Rózsának*.

Szepesiné Lőrincz A.

*

KÖRNYEZETVÉDELMI MUNKACSOPORTÜLÉS

A KGST környezetvédelmi együttműködési tanácsa 12 problémakörben koordinálja az ökológiai megfigyelésekkel, kutatásokkal és a természeti környezet védelmével összefüggő tevékenységeket. A 12. problémakör a *globális környezeti monitoring rendszer* címet kapta és 1978. november 21 - 24. között Budapesten az

Országos Meteorológiai Szolgálatnál került sor ennek 4. témájában a II. munkacsoport-értekezletre. E témában a háttérszennyezés megfigyeléséből származó információk előállításának, továbbításának, tárolásának és feldolgozásának kérdéseivel foglalkoznak a témában részt vevő államok képviselői. A mostani ülést a bolgár, az NDK, a szovjet és a magyar delegációk jelenlétében *Czelnai Rudolf*, az OMSZ elnöke nyitotta meg. Az ülés elnöke *Seidel* professzor, a téma NDK-beli koordinátora volt. A magyar küldöttség tagjai: az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal részéről *Gajzágó L.*, mint a 12. problémakör magyar koordinátora, valamint *Tatárné Szabó Éva* és *Faragó Tibor* a Központi Meteorológiai Intézet képviselőiben.

A delegációk vezetői beszámoltak a téma állásáról, *Seidel* professzor pedig a téma általános helyzetéről és az össz-európai globális monitoringrendszer megteremtése érdekében tett lépésekről adott áttekintést. Külön napi- és pontként szerepeltek a következő öt éves tervidőszakra vonatkozó elképzelések és az együttműködés lehetőségei. Az ülésen több tudományos előadás is elhangzott mindenekelőtt a globális monitoringrendszert és a megvalósításához szükséges technikai háttérrel érintő kérdésekben.

A résztvevők meglátogatták a KMI Számítástechnikai Osztályát és a KLFMI Levegőkémiai Osztályát. Az ülés a jegyzőkönyv és az ajánlások elfogadásával, illetve aláírásával zárult.

Faragó T.

*

AZ ELSŐ GLOBÁLIS GARP-KÍSÉRLET

A MMT 1978. november 16-i szakülésén *Götz Gusztáv* tud. főosztályvezető tartott előadást, melynek aktualitását az adta, hogy december 1-én kezdődött meg az első, egy éves, világméretű GARP-kísérleti időszak. E páratlan méretű nemzetközi megfigyelési program alapja az időjárás-világszolgálat (WWW). Ehhez kapcsolódik a speciális megfigyelőrendszer, amely kutatóhajók, repülőgépek, ejtőszondák, úszóbóják és sodródó szondák tömegét foglalja magába. Az előadás során mindezekről részletes tájékoztatást hallhattunk. A GARP keretén belül folyó speciális mérési programok közé tartozik a monszun kísérlet, amelynek már voltak magyar résztvevői, most pedig újabb munkatársak kapcsolódtak be.

Résztvett hazánk a globális kísérlet adatfeldolgozó rendszerének kialakításában, 1979 első felében pedig bekapcsolódik a globális kísérletet irányító operációs központ munkájába.

A nagyszámú érdeklődőt vonzó előadóülés második felében *Simon Antal* mutatta be az 1977. évi monszun expedíción készített színes mozgófilmjét.

Ambrózy P.

AZ ÉGHAJLATI VILÁGKONFERENCIÁRÓL

A Meteorológiai Világszervezet az Éghajlati Világkonferenciát 1979. február 12 – 23 között rendezte meg Genfben.

A konferencia tiszteletbeli elnöke *D. A. Davies*, a Meteorológiai Világszervezet főtitkára, operatív elnöke *R. M. White* (USA) volt. A megnyitó ülésen a UNO, WHO, UNEP, FAO, UNESCO, ICSU és IIASA főtitkárai, illetve helyettesei is résztvettek.

A konferencián a világ különböző országait összesen 450 szakértő képviselte. A magyar delegációt – *Győrffy Béla* MTA Martonvásári és *Szepesi Dezső*, OMSZ – *Czelnai Rudolf* akadémikus, az OMSZ elnöke vezette.

Az OMSZ munkatársai a konferencián a WMO meghívott szakértőiként vettek részt és feladatuk az éghajlati adatok és azok alkalmazásával foglalkozó munkacsoport elnöki teendőinek ellátása (*Czelnai*), illetve az emberi tevékenység éghajlatra gyakorolt hatásával foglalkozó munkacsoportban szakértőként (*Szepesi*) való részvétel volt.

A megnyitó ülést követően az első héten számos kisebb jelentőségű beszámoló mellett a következő főbb előadások hangzottak el:

E. K. Fedorov (Sz. U.): Éghajlatváltozás és emberi stratégia,

B. Bolin (Svédország): Globális ökológia és az ember,

F. K. Hare (Kanada): Éghajlatváltozás és változékonyság,

E. P. Gerasimov (Sz. U.): Korábbi geológiai korok éghajlata,

G. I. Marchuk (Sz. U.): Az éghajlati változások modellezése,

J. Williams (USA): Energia és éghajlat,

R. C. d'Arge (USA): Éghajlat és gazdasági tevékenység.

Fedorov akadémikus előadásában felvett azon gondolat, mely szerint a Föld éghajlatának antropogén módosítását valamennyi nemzet egyetértésével, közreműködésével és áldozatvállalásával csak tartós béke esetén lehet elkerülni, jelentős hatást gyakorolt a gazdasági és társadalmi kérdéseket érintő viták kibontakozására.

A konferencia második hetében csak meghívott szakértők (összesen 100-an) vettek részt. Feladatuk az volt, hogy az első héten elhangzott előadások és viták során kialakult nézetek alapján az 1980 – 90 közötti időszakra operatív tervet dolgozzanak ki az éghajlati világprogram végrehajtására. A kidolgozott operatív tervet a Meteorológiai Világszervezet 1979 májusában összeülő kongresszusa fogja megvitatni és jóváhagyni.

Az elkövetkező 10 évre tervezett Éghajlati Világprogram főbb célkitűzései a következők:

a) Adatbázis kiépítése,

b) Éghajlati információk alkalmazásának fejlesztése,

c) Az éghajlatváltozás kihatásának tanulmányozása a gazdaságra és a társadalomra,

d) Az éghajlat kutatása, modellezése.

Az Éghajlati Világprogram megvalósítása elsősorban a fejlődő országok szempontjából jelentős, mert gazdasági életük számára nélkülözhetetlen klimatológiai információt szolgáltat majd.

Hazánkban a program első két pontját az OMSZ már évekkorábban megvalósította. Így az éghajlati adatbázis és a jól képzett szakemberek révén bekapcsolódhatunk a másik két pontban jelölt program – hatásmechanizmus vizsgálata és kutatások – hazai és nemzetközi szintű munkáiba.

A konferencián felmerült miniszteri szintű értekezlet összehívásának kérdése, az emberi tevékenység éghajlat-módosító tevékenységének megvizsgálása és megszüntetése céljából. A konferencia a miniszteri szintű értekezlet összehívását korainak tartotta. Az értekezlet időpontjának kijelölését további kutatási eredmények, egyértelmű bizonyítékok feltárásától tette függővé.

A konferencián kidolgozott deklaráció magyar nyelvű fordítását az alábbiakban közöljük:

Az éghajlati világkonferencia deklarációja

A Meteorológiai Világszervezet védnöksége alatt 1979. február 12 – 23 között Genfben tartották az első éghajlati világkonferenciát, több más nemzetközi testület közreműködésével.

A konferencián a különböző tudományágakat képviselő szakemberek kifejtették nézeteiket az éghajlatváltozásokról és éghajlatváltozásról, valamint e változásoknak a világ társadalmára gyakorolt várható hatásáról.

Felhívás a nemzetekhez

Tekintettel arra a mindenre kiterjedő befolyásra, amelyet az éghajlat az emberi társadalomra gyakorol és az emberi tevékenység és erőfeszítés számos területén kifejt, ma már elengedhetetlenül szükséges, hogy a világ népei

a) legelőnyösebben hasznosítsák az embernek az éghajlatra vonatkozó jelenlegi ismereteit,

b) lépéseket tegyenek ezen ismeretek jelentős tökéletesítésére,

c) előre lássanak és megelőzzenek minden olyan, az ember által előidézett potenciális éghajlatváltozást, amely kedvezőtlenül érintheti az emberiség jólétét.

A probléma

A globális éghajlat lassan változott az elmúlt évezredek, évszázadok és évtizedek folyamán, és e változás folytatódik a jövőben is. Az emberiség hasznosítja a kedvező éghajlat előnyét, viszont érzékenyen reagál az éghajlatváltozásokra és éghajlatingadozásokra és olyan rendkívüli események előfordulására, amilyenek az aszályok és árvizek. Az élelem, a víz, az energia, a lakásviszonyok és az egészségi állapot az emberi életnek olyan szempontjai, amelyek döntő mértékben függenek az éghajlattól. A legutóbbi sikertelen gabona-betakarítás és a halászatban bekövetkezett súlyos visszaesés kihangsúlyozza ezt a sebezhetőséget. Még a normális éghajlattal kapcsolatos szabályszerű ingadozások és mérsékelt változások is jelentős hatást gyakorolnak az ember tevékenységére.

Minden ország, de különösen az aszályos, félsivatagi, vagy a rendkívül csapadékos területeken fekvő fejlődő országok igen érzékenyek az éghajlatingadozásokra. A kedvezőtlen hatások viszont mérsékelhetők, és pozitív előny nyerhető a rendelkezésre álló éghajlati ismeretek felhasználásával.

A világ országainak éghajlatai kölcsönösen függenek egymástól. Ezért, tekintettel az egyre fokozódó energiaigényre, amelyet a világ állandóan szaporodó és jobb életkörülményekre törekvő népessége támaszt, sürgető szükség van egy közös globális stratégia kifejlesztésére és éghajlat jobb megértése és ésszerű hasznosítása érdekében.

Az ember ma akaratlanul is módosítja az éghajlatot helyi méretben, és bizonyos fokig regionális méretben is. Komoly aggodalomra ad okot, hogy az emberi tevékenység állandó terjeszkedése a Földön jelentős és széles körű regionális, sőt globális éghajlat-változást okozhat. Ez a lehetőség még inkább sürgeti a globális méretű együttműködés szükségességét, hogy megvizsgálhassuk a Föld éghajlatának lehetséges jövőbeli alakulását, és hogy ezeket az új ismereteket számbavehessük az emberi társadalom elkövetkezendő fejlődésének a tervezésében.

Éghajlat és a jövő

Természeti okok következtében az éghajlat tovább ingadozik és változik. Az északi félteke egyes részein az utolsó néhány évtized folyamán tapasztalt lassú lehűlési folyamat hasonló a múltban tapasztalt természeti eredetű folyamatokhoz, azonban azt, hogy ez folytatódni fog-e, vagy sem, nem tudhatjuk.

A kutatás a múlt éghajlati változásainak sok alapvető sajátosságát feltárja és alapot szolgáltat a jövőendő éghajlat elképzelésére. Az éghajlatingadozások okait egyre jobban megismerjük, de e változásokat és relatív jelentőségüket illetően még sok a bizonytalanság.

Mindazonáltal meggyőződéssel mondhatjuk, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetése, az erdőirtások és a földhasználatban bekövetkezett változások kb. 15 százalékkal növelték a széndioxid mennyiségét a légkörben az utolsó évszázad folyamán, és ez jelenleg is kb. évi 0,4 százalékkal növekszik. Valószínű, hogy a növekedés tovább folytatódik a jövőben. A széndioxid alapvető szerepet játszik a légkör hőmérsékletének kialakításában és valószínűnek tűnik, hogy a széndioxid megnövekedett tartalma a légkörben hozzá járulhat az alsó légkör fokozatos felmelegedéséhez, különösen a magasabb földrajzi szélességeken. A változási módok valószínűleg befolyásolni fogják a hőmérséklet, a csapadék és más meteorológiai paraméterek eloszlását, a változások részletei azonban még mindig kevésbé ismertek.

Lehetséges, hogy bizonyos regionális és globális méretű hatások kimutathatók lesznek a jelen évszázad végéig, és jelentősékké válhatnak a jövő évszázad közepe előtt. Ez az időskála hasonló ahhoz, amit – szükség esetén – megkíván a világ-gazdaság sok szempontú tevékenységének átírnyitása, beleértve a mezőgazdaságot és az energiatermelést. Mivel az éghajlat-változások jótékony hatásúknak bizonyulhatnak a világ egyes részein és ugyanakkor kedvezőtleneknek más helyeken, jelentős társadalmi és technológiai újjászervezésre lehet szükség.

A fokozódó energiafelhasználás, és ennek következtében a hulladékhő-kibocsátás is okozott már helyi éghajlatváltozást. A jövőben a sűrűn lakott és erősen iparosított régiókból származó hasonló hőforrások nagyobb mértékben is befolyásolhatják az éghajlatot. Egyéb emberi tevékenységek, pl. mezőgazdasági, legeltetési szokások, erdőirtás, nitrogéntartalmú trágyák fokozott használata és klór-fluorometán kibocsátása éghajlati következményekkel járhatnak, tehát gondos tanulmányozást igényelnek. Rendszeresen kutatni kell még egyéb lehetséges hatásokat is, amelyeket jelentős mértékű emberi tevékenységek gyakorolhatnak az éghajlatra.

A hadviselés néhány formájának is lehetnek helyi éghajlati hatásai. Az egész világra kiterjedő nukleáris háború, az emberre gyakorolt katasztrófális következményeken kívül, tönkretenné a természetes környezetet és nagyméretű éghajlati változásokat okozna.

Elképzelhető, hogy a jövőben az ember előidézhet korlátozott mértékű, nagy területre kiterjedő éghajlati változást, előre megfontolt beavatkozásával. Felelőtlen dolog lenne azonban ilyen tevékenységeket az éghajlat szempontjából károsnak minősíteni, amíg nem tettünk szert az éghajlatot irányító mechanizmus alapvető ismeretére, amely a következmények előrejelzéséhez is elengedhetetlenül szükséges. Ezenfelül ilyen terv végrehajthatósága nemzetközi egyezmény keretében tisztázandó.

Következtetések és javaslatok

A Meteorológiai Világszervezet által javasolt Éghajlati Világprogramot valamennyi nemzet legerőteljesebb támogatása illeti meg.

Főbb törekvései a következők:

– Az éghajlat mechanizmusának kutatása a természeti és az antropogén hatások relatív szerepének tisztázása céljából. Ez matematikai modellek továbbfejlesztését kívánja meg. A matematikai modell az éghajlat szimulálásának legfőbb eszköze, mely lehetőséget biztosít a klíma előrejelzésének tisztázására is. A modellek felhasználhatók annak kutatására, hogy az éghajlat milyen érzékeny a várható természetes és antropogén hatásokra, amilyen pl. a széndioxid-kibocsátás, és az ezek hatására keletkező éghajlatváltozás mértékének becslésére.

– Az éghajlati adatok megszerzésének és rendelkezésre bocsátásának tökéletesítése. Az éghajlati program sikere a meteorológiai, hidrológiai, óceánográfiai és más vonatkozó geofizikai adatok hatalmas mennyiségének hasznosításától függ. Ezenkívül, az éghajlati hatásra vonatkozó tanulmányokhoz, és ahhoz, hogy a nemzetek az éghajlati ismereteket a gyakorlatban is alkalmazzák, további részletes tájékoztatásra van szükség természeti erőforrásaikról és társadalmi-gazdasági szerkezetükről.

– Az éghajlati ismeretek alkalmazása a tervezésben, fejlesztésben és irányításban. Ennek az erő kifejtésnek olyan programokat kell tartalmaznia, amelyek segítik a nemzeti meteorológiai és hidrológiai szolgálatokat, egyrészt, hogy növeljék a felhasználók tájékoztatását az éghajlati adatok használatával nyerhető lehetséges haszonról, másrészt, hogy az éghajlati tájékoztatás szolgáltatásának és kiterjesztésének a lehetőségét tökéletesítsék, és végül, hogy megkönnyítsék az oktatást a nemzeti szinten jelentős éghajlati alkalmazások területén. Tartalmaznia kell új módszerek kifejlesztésére irányuló programokat is a klimatológiai adatoknak az élelmezési, vízügyi, energetikai és egészségügyi vonatkozásokban való alkalmazására.

– Az éghajlatingadozás és éghajlatváltozás emberi tevékenységre gyakorolt hatásainak tanulmányozása és az ilyen tanulmányok eredményeinek tolmácsolása a kormányok és a nép számára leghasznosabb módon. Ez megkívánja az éghajlat és az emberi társadalom közötti összefüggés megértésének tökéletesítését, magában foglalva:

1. Az éghajlatingadozásokhoz és éghajlatváltozásokhoz való társadalmi alkalmazkodás lehetséges határát;

2. Az emberi társadalmak jellemző tulajdonságait a fejlődés különböző szakaszaiban és különböző környezetekben, amelyek különösen sebezhetővé, vagy rugalmassá teszik azokat az éghajlatingadozással és éghajlatváltozással szemben;

3. Azon eszközöket, amelyek segítségével az emberi társadalmak védekezhetnek az éghajlatingadozások és éghajlatváltozások kedvezőtlen következményei ellen, vagy előnyösen hasznosíthatják az általuk nyújtott lehetőségeket.

A program átfogó célja tehát az, hogy eszközt szolgáltatson az éghajlat lehetséges jövőbeli változásainak előrelátására, és hogy segítse a nemzeteket abban, hogy az emberi tevékenység valamennyi szempontjának tervezésében és irányításában felhasználják az éghajlati adatokat és ismereteket. Ez az egyes tudományágak között eddig még nem tapasztalt méretű erő kifejtést és együttműködést igényel nemzeti és nemzetközi szinten.

Az Éghajlati Világprogram irányítása vezetői hatáskört igényel, és koordinációt a széles körű tevékenységeket folytató nemzetközi testületek között, valamint a nemzetek szoros együttműködését

Közismert tény, hogy nemzetközi együttműködés – amely minden éghajlati világprogram előfeltétele – csak békefeltételek mellett folytatható sikeresen.

A nemzetek számára szükséges, hogy a társadalmi és gazdasági fejlődés tervezésében mielőtt hasznosítsák az éghajlat és az éghajlatváltozások már meglévő ismereteit

A világ néhány részén már elegendő információ van ahhoz, hogy számos alkalmazott éghajlati szolgáltatást elláthassanak. Mindazonáltal ez csak a kezdet; az adatok és a szakértelem általában hiányzik a fejlődő országokban. Programokat kell létrehozni az Éghajlati Világprogramban való teljes részvételük támogatására, továbbképzés s megfelelő módszerek átadása révén.

* * *

Az éghajlat környezetünknek csak egyik összetevője, melyet bölösen kell hasznosítanunk. A környezet minden eleme mind lokálisan, mind nagyobb távolságról

hat egymásra. Bármely nemzeti vagy földrajzi terület környezetének pusztulásával a társadalomnak komolyan kell foglalkoznia, mert az másutt is befolyásolhatja az éghajlatot.

A világ minden nemzetének együtt kell dolgoznia annak érdekében, hogy megőrizze a talajok termékenységét, hogy elkerüljék a világ erdeinek és zöld területeinek ésszerűtlen kihasználását, hogy megállítsák a sivatagrá válást és hogy csökkentsék a légkör és az óceánok szennyeződését. Az emberiség hosszú időre szóló életbenmaradása valóban a társadalom és a természet közötti harmónia megvalósulásának a függvénye. Ahhoz, hogy ez létrejöhsen, jelentős elhatározás s a nemzetek ilyen irányú tevékenységéhez kellő anyagi erőforrás szükséges, és ennek csak akkor lehet értelme, ha a világon béke van.

Szepesi Dezső

✱

A 15. NEMZETKÖZI ALPI METEOROLÓGIAI KONFERENCIA

Az alpi országok – Ausztria, Franciaország, Jugoszlávia, NSZK, Olaszország és Svájc – meteorológiai szolgálatai 1950 óta két évenként felváltva rendezik meg a meteorológusok hagyományos találkozóját, az alpi meteorológiai konferenciákat.

A 15. nemzetközi alpi meteorológiai konferenciát (rövidítése: ITAM'78) a svájci meteorológiai Szolgálat rendezte 1978. szeptember 19–23 között. A konferencia színhelye a Wetterhorn (3704 m), a Schreckhorn (4078 m), az Eiger (3974 m) és a Jungfrau (4195 m) által védett, hosszan elnyúló völgykatlanban fekvő Grindelwald heví helység volt. E község és környéke kedvelt idegenforgalmi hely, amely csodálatos fekvésével, környezetével, alpi klímájával, az év minden szakában vonzza a pihenni, sportolni vágyó üdülőket, turistákat. Az alpi országok delegációi mellett Európából s a tengerentúlról is szépszámú szakmai érdeklődő jelent meg a konferencián, sőt képviseltette magát a Meteorológiai Világszervezet is. A 239 regisztrált résztvevőt számláló konferencián a Magyar Meteorológiai Társaságot képviselő Szakály József főtitkár vezette az öttagú magyar delegációt. A konferencia megnyitóján a község és a tartomány képviselőinek köszöntője után R. Schneider a WMO főtitkárhelyetese üdvözölte a megjelenteket és méltatta az alpi országok által rendezett tudományos konferenciák jelentőségét.

G. Simmen a svájci meteorológiai szolgálat igazgatója a rendezők nevében – felváltva német, francia és olasz nyelven, majd a Svájcban a nemrégiben elfogadott nyediki hivatalos

nyelven, réto-románul – üdvözölte a konferencia résztvevőit.

A konferencia tudományos programján az alábbi témacsoportok szerepeltek:

- elméleti meteorológia és numerikus módszerek,
- alpi szinoptika és magashegységek klimatológiája,
- újabb megfigyelési módszerek,
- szél és levegőtisztaság védelem,
- általános klimatológia és bioklimatológia,
- hőmérséklet és sugárzás,
- csapadék, hidrológia, glaciológia.

A témabevezető előadásokat – a fenti sorrendet alapul véve – az alábbiak tartották: La Valle L. (Olaszország), Čadež M. (Jugoszlávia), Joss J. (Svájc), Reuter H. (Ausztria), Mme Escourrou (Franciaország), Hofmann G. (NSZK), és Čehak K. (Ausztria).

A konferencia négynapos tudományos ülésszakain 52 szakelőadás és beszámoló hangzott el, továbbá egy tájékoztató az ALPEX-program célkitűzéseiről és a vele kapcsolatos együttműködés keretében végzendő feladatokról. (Az ALPEX-program – alpi kísérlet – részletes ismertetése folyóiratunk 1978. I. számában jelent meg.)

„Poster section” címen több szerző mutatta be nagyméretű ábrák, adattáblázatok, fényképfelvételek és az azokat magyarázó szöveges leírások segítségével kutatási eredményeit. A próbálkozás érdekes – hazánkban is láttunk már erre példát –, de véleményünk és a rendezők szerint ez a módszer egyelőre nem találta meg még végleges formáját.

Az olasz delegáció határozati javaslatát, amely szerint „az alpi meteorológiai konferenciák támogatják az ALPEX programot, a továbbiakban rendszeresen napirendre tűzik az Alpok térségében végzett meteorológiai kutatások eredményeinek bemutatását és értékelését, valamint fontosnak tartják az Alpok térségében a magaslégköri mérőhálózat kiterjesztését” – a konferencia egyhangúlag elfogadta.

A tudományos ülésszak befejezéseként H. U. Duetsch professzor foglalta össze az alpi országokban és a velük érintkező területeken az eddig végzett meteorológiai kutatómunka eredményeit és felvázolta a további teendőket, főképpen az ALPEX program terén.

A konferencián bemutatott előadásokat F. Lauscher professzor tekintette elő, értékelve az ismertetett kutatási eredményeket és az elhangzott beszámolókat. Megállapította, hogy az alpi meteorológiai konferenciákon eddig összesen 876 előadás és beszámoló hangzott el, s ezzel egy olyan értékes ismeretanyag gyűlt össze, amelynek teljes kiaknázása még a jövő feladata lesz.

A záróülésen R. Müttner igazgató bejelentette, hogy a 16. Nemzetközi Alpi Meteorológiai Konferenciát a francia meteorológiai szolgálat rendezi 1980. szeptember 23–27 között Aix-les

Bains-ban. A tudományos programközpont témájában az ALPEX programot jelölte meg.

Az „újabb megfigyelési módszerek” című témák igen értékes dokumentálója volt az a műszerkiállítás, amelyen működés közben mutatták be a svájci meteorológiai szolgálat közreműködésével létrehozott automata meteorológiai állomást (Swissmeteo), továbbá a Svájc területén részben már működő adattovábbító és adatgyűjtő rendszert (ANETZ).

A kiállításon került bemutatásra továbbá egy olyan berendezés, amely a meteorológiai radarképeket rögzíti, majd az egymás utáni képeket levetítve a radar által feltárt meteorológiai objektumokat fejlődésükben, változásukban mutatja be.

A konferencia első napján este a svájci meteorológiai szolgálat vezetője adott hivatalos fogadást, amelyen régi ismerősök üdvözltek egymást, valamint újabb szakmai kapcsolatok alakultak ki, személyes ismeretségek jöttek létre. Ez utóbbiak biztosítékai annak, hogy az alpi meteorológiai konferenciák résztvevőinek köre egyre tovább bővül.

A szakülések befejezésének napján Grindelwald község vezetői hívták meg a konferencia résztvevőit egy hangulatos műsoros estre, amelyen amatőr népi együttes mutatta be a táj énekeit, táncait, népi szokásait.

A szakmai programot két tanulmányi kirándulás tette teljessé. Az első a község feletti, 1392 m magasán fekvő *Pfingstegg* nevű kilátóhelyre vezetett, ahonnan a völgyet határoló – aránylag alacsonyabb – északi hegyvonulatra, a hosszan elnyúló völgyre és a gleccsekre nyílt szép kilátás.

A berni egyetem földrajzi tanszékének munkatársai részletesen ismertették a táj geológiai őstörténetét, a hegyvonulatok és a gleccserek kialakulásának folyamatát, továbbá a völgyben letelepült ember életét, az erdőgazdálkodás, a mezőgazdasági termelés, a fafeldolgozó ipar kialakulását, valamint a lakosság mai megélhetését biztosító nemzetközi idegenforgalom kialakulását.

Az egésznapos kirándulás célpontja a *Jungfrau* Obszervatórium volt. A keskeny vágányú villamosvasút 2061 m-ig, onnan fogaskerekű vasút viszi fel az utasokat a 3454 m magasán fekvő végállomásig, amely egyébként Európa legmagasabban fekvő vasútállomása. Onnan lifttel emelkedünk még 118 métert, mire a Sphinx-Obszervatóriumot elértük. Ott a szolgálatot teljesítő szakemberektől részletes tájékoztatást kaptunk a nemzetközi alapítvány által létrehozott és fenntartott obszervatóriumban folyó tudományos tevékenységről.

E magashegyi obszervatórium kiválóan alkalmas csillagászati megfigyelések végzésére, valamint kozmikus sugárzás és napsugárzás mérésekre. Rendszeresen folynak meteorológiai megfigyelések, továbbá a környezetvédelmet szolgáló mérések is.

Az obszervatórium egyúttal a glaciológus kutatók bázisállomása is, onnan indulnak expedíciók Európa legnagyobb kiterjedésű gleccserének, az Aletschgleccser és környezetének tanulmányozására.

Megállapítható, hogy a 15. Nemzetközi Alpi Meteorológiai Konferencia igen sikeres volt. Ebben jelentős része volt *Th. Gutermann* által irányított szervező és rendező bizottságnak, amely példamutató szakszerűséggel, a svájciakra jellemző precizitással végezte munkáját a konferencia előkészítésétől kezdve a tanulmányi kirándulás befejezéséig.

Szakály J.

*

ÁLLÁSFOGLALÁS AZ ÓZONRÉTEG EMBERI TEVÉKENYSÉG OKOZTA MÓDOSULÁSÁRÓL

Több alkalommal foglalkozott a Meteorológiai Világszervezet a Földet körülvevő ózonpajzsok az emberi tevékenység által okozott, s a jövőben bekövetkező változásaival, valamint az ezzel kapcsolatos lehetséges geofizikai következményekkel. A Légköri Tudományok Bizottságának (CAS) sztratoszferikus és mezoszferikus kérdésekkel foglalkozó munkacsoportja 1975 szeptemberében, Genfben megtartott ülésén egy nyilatkozatot fogalmazott meg erről a kérdésről, amelyet a végrehajtó bizottság XXVIII. ülésén jóváhagytak és mint a Meteorológiai Világszervezet hivatalos állásfoglalását hozták nyilvánosságra. A nyilatkozat teljes szövegét – fordításban – az *Időjárás* c. folyóirat közölte (80. évf. 3. sz. 171–174. old.).

A nyilatkozat az ózonréteg felbomlására, ill. csökkenésére vonatkozólag igen gyors, és már a közeljövőben bekövetkező változásokra hívta fel a figyelmet. Hangsúlyozta továbbá, hogy ez a változás súlyosan veszélyeztetheti a Föld élővilágát és nemzetközileg összehangolt program kidolgozását sürgette, amely a sztratoszféra térségében az ózonnal kapcsolatos folyamatokat tanulmányozza. A végrehajtó bizottság ezért felkérte a CAS elnökét, hogy kísérje továbbra is figyelemmel ezeket a kérdéseket és amennyiben változás következik be a tudományos állásfoglalásban, akkor ezt is közölje.

A CAS 1978 októberében Genfben megtartott ülésén ismételt napirendre kerültek az ózonrétegre vonatkozó vizsgálati eredmények és kiadták a Meteorológiai Világszervezet II. hivatalos nyilatkozatát az ózonrétegre az emberi tevékenység okozta módosulásáról. A II. nyilatkozat valamivel részletesebb és két pontban tér el az előbbtől. Az egyik a klórfluorometánoknak a légkörbe történő áramlásából adódó, a másik pedig a repülőgépek által kibocsátott gázoknak az ózonrétegre történő hatására vonatkozik.

1. Az első nyilatkozatban a klórfluorometánoknak az 1972. évi közepes kibocsátási arányszámát vették alapul, és így a számítások alapján az ózontartalom hosszú távra vonatkoztatott közepes csökkenésére 10% adódott. E becslés bizonytalansága, vagyis a valóságos hatás 2 és 20% között változhat.

A II. nyilatkozat szerint ha a klórfluorometánok 1977. évi folytonos kibocsátási mértékét vesszük figyelembe, az ózontartalom közepes csökkenése kb. 15% lehet, 4 és 30%-os bizonytalansági tényezővel. Ez azon a feltételezésen alapul, hogy nincs olyan gáz az atmoszférában, amely a klórfluorometánokat semlegesíti, azaz nincs más nyelőjük.

2. A repülési forgalommal kapcsolatban az első nyilatkozat szerint mind a mérésekben, mind az elméletben sok a bizonytalanság, és valószínűnek tartották, hogy a szuperszónikus repülőgépek nem fejtenek ki olyan jellegzetes hatást, amelyet a természetes változásoktól meg lehetne különböztetni. Ha azonban a szuperszónikus repülőgépek száma és utazási magassága a tervezett mennyiséget túlhaladná, ezeknek jelentős hatásuk lenne a globális ózontartalomra és nemzetközi egyezményekkel kellene szabályozni a megengedett emissziós szintet.

A második nyilatkozat az újabb vizsgálatok alapján megerősíti az előbbi állítást, sőt kimondja, hogy: a jelenleg forgalomban levő szuperszónikus repülőgépeknek az ózonra vonatkozó hatása *elhanyagolható*, mivel repülési magasságuk alacsony, azaz 17 km.) és korlátozott a számuk (kb. 30–50 db.). Általában a 25 km alatti utazási magasságban repülő szuperszónikus repülőgépeknek előreláthatólag *jelentéktelen* hatásuk lesz az ózonszámra.

Mindkét nyilatkozat hangsúlyozza azonban, hogy bár a nitrogénoxidok emissziója az alsó sztratoszférában kevésbé fontos, a bizonytalanság igen nagy ebben a kérdésben. Tovább kell folytatni tehát az ellenőrzést és a kutató programokat, különösen a jövőben esetlegesen tervezendő új típusú szubszónikus repülőgépek bevezetése esetén, amikor majd ezekkel bonyolítják le a légiforgalom zömét.

Borbély E.

✕

IONOSZFÉRA ÉS MAGNETOSZFÉRAFIZIKAI SZEMINÁRIUM HARKÁNYBAN

A MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztálya, a hozzá tartozó társegyesületek és intézetek, valamint az OMSZ közreműködésével 1978. okt. 23. és 27. között rendezte meg Harkányban a VII. ionoszféra és magnetoszférafizikai szemináriumot. Az elhangzott előadások 4 nagy témakört tekintettek át.

1. Az első témakör napjaink legizgalmasabb kérdéseit, a Nap és a bolygók közötti kapcsolatok

legújabb eredményeit tárgyalta, a mesterséges holdak adatai alapján. A Mariner-10 a Merkúr, a Venera-9 és -10 a Vénuszról adott értékes információkat. A mesterséges holdak derítették fényt többek között a Vénusz körüli térség egyik érdekes jelenségére, az ún. éjszakai ionoszféra problémájára. A mesterséges holdak mérései jelentős elektronáramot mutattak ki, amely a bolygó felé irányul, és ez szerepel ionizációs forrásként a Vénusz éjszakai oldalán. A következő feladat a Mars magnetoszférájának a kutatása. Ez egyelőre teljesen nyitott kérdés. Többféle magyarázat született már, a valóság igazolását azonban a következő Mars repülések fogják meghozni.

2. Igen érdekes témakört alkotott a napkorona, koronalyukak és a napszél jelenségek kutatása. A napszél abból ered, hogy a Nap légköre nincs egyensúlyi állapotban, felületéről a részecskék néhány 100 km/s átlagos sebességgel áramlik ki. A Nap mágneses tere által mágnesezett napszél-plazma a bolygók közi térbe áramlik és ez különbözően hat az egyes bolygókra. A továbbiakban a kozmikus sugárzásra gyakorolt flare hatásról, a napszél-magnetoszférikus plazmacsatolásról, valamint a mesterséges holdak élettartamának vizsgálatáról hangzottak el előadások.

3. A meteorológia témaköréhez közelebb álló előadások voltak a földi, valamint a Föld típusú bolygók légkörére vonatkozó vizsgálatok. Egy bolygó szerkezetét a bolygó gravitációs és mágneses erőtere, a környező perturbáló tömegek gravitációs és mágneses erőtere, valamint a hőmérséklet határozza meg. Az interplanetáris térből a Földre érkező töltött részecskék intenzitás változásának megfigyelése fontos információkat szolgáltat a Föld pályáján belüli és kívüli térrész állapotáról. Az intenzitásváltozások 2 jellemző fajtája ismeretes: periodikus változások (11 éves, 27 napos, 1 napos stb.), amelyek a napszél egyensúlyi állapota, azimutális aszimmetriája határoz meg és vannak aperiodikus, átmeneti változások (pl. *Forbush*-csökkenés). 1938-ban ui. *Forbush* észlelte először, hogy a Földön mért általános kozmikus sugárzás intenzitása kapcsolatban van a naptevékenységgel, de ugyanakkor hirtelen intenzitáscsökkenést is talált. Napkitörések után a kiterjedő napkorona a napszélben lökéshullámokat kelt. A lökéshullámban összesűrűsödött mágneses erővonalak, mintegy mágneses falat alkotva, visszaverik a sugárzás egy részét. A Földön a lökéfront áthaladásakor a front mögötti kisebb intenzitás a kozmikus sugárzásban hirtelen intenzitáscsökkenésként jelentkezik. Ehhez a témához kapcsolódik a geomágneses viharok idején előálló sűrűségváltozásoknak a vizsgálata a mesterséges holdak pályaelemeinek változásai alapján. Első közelítésben a légsűrűség egy mesterséges hold pályájának periapszontja fölött arányos a mesterséges hold gyorsulásával, azaz keringési idejének megváltozásával. Egy numerikus pályaintegrálási

program segítségével a légköri viszonyokat is tartalmazó modellt készítették, amelyet összehasonlítottak mások (pl. *Jachia*) által számított modellekkel. Az eredmények nem azonosak, de abban egyöntetűek a vélemények, hogy erős geomágneses viharok idején a légköri sűrűségnek a magassággal való változása 200–300 km körül nem írható le egyetlen stacionárius állapotnak megfelelő sűrűségprofilal.

4. Az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről 2 előadás hangzott el. *Borbély Edit* a légkör középső rétegének mérésére és kutatására irányuló nagy nemzetközi programot ismertette. (A cikk az *Időjárás* 1978. I. számában a 44–47. oldalon jelent meg.)

Saikó János a magaslégtörli adatok és a naptevékenység közötti kapcsolatokat kutatta, nevezetesen a tropopauza magasságának változásai, a flarek, a földmágneses háborgás és a poláris sapka abszorpciója között. A feldolgozás az Explorer – 34 és – 41 mesterséges holdak adatait is felhasználta. A flarek esetében megnövekszik a proton áramlás és a poláris sapka abszorpciója. Az eredmények szerint az abszorpció változása előtti napon a tropopauza magassága hirtelen csökkenést mutat, utána pedig ismét emelkedés tapasztalható. A Nap 10 cm-es fluxusa és a tropopauza magasságának havi középértéke között egy 10 éves adatsor felhasználása alapján közepes szorosságú kapcsolatot mutatkoztak.

Az OMSZ Központi Előrejelző Intézetéből *Gayer Józsefné*, a Központi Légkörfizikai Intézetből pedig *Rimócziné Paál Anikó* és *Timon Ildikó* vettek részt a szemináriumon.

Igen érdekes filmvetítés szerepelt az egyik esti programban, amely a napkorona változásait, a napszél mozgását, a részecskék által alkotott fonalszerű alakzatok begömbüléseit, flareket mutatta be. Más alkalommal pedig a magnetoszféra zenéje került előadásra, amely a mágneses adatok zenei hanggá való áttranszformálása révén magnetofonról lejátszható összefüggő hangsorozatból állt.

A rendezők pécsi városnézéssel egybekötött búcsúvacsorával fejezték be a szemináriumot.

Borbély E.

✱

A SZLOVÁK METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG ELNÖKSÉGÉNEK LÁTOGATÁSA BUDAPESTEN

Ferdinand Šamaj a Szlovák Meteorológiai Társaság elnöke s a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat igazgatója, valamint *Ján Lubič* a Szlovák Meteorológiai Társaság főtitkára s a Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének igazgatóhelyettese november 17-én megbeszélést folytatott a Magyar Meteorológiai Társaság elnökségével a két társaság további együttműködésének kérdéseiről. Megál-

lapodtak a két társaság 1979. augusztus 21–23. között Zólyomban tartandó VI. közös vándorgyűlésének (együtt a Magyar Meteorológiai Társaság 20. vándorgyűlésének) részletes programjában. Főbb témakörök: erdészeti meteorológia, mikroklima és városklima.

Béll Béla

✱

MICHELLER ISTVÁN NYUGALOMBA VONULT

Negyven évi közszolgálati tevékenység után 1978 december 31-én vonult nyugalmába *Micheller István*, a Központi Meteorológiai Intézet adatfeldolgozó osztályának vezetője.

1939-ben katonaként a légierőknél került kapcsolatba a meteorológiai észlelőmunkával. Ez a kapcsolat olyan szorossá vált, hogy 1946-tól – már polgári alkalmazotként – dolgozik tovább ugyanezen a területen, először Budaörsön, majd Ferihegyen. 1950-től állomásellenőr, később Ferihegyen szinoptikus. Munkája mellett előbb leérttségizik, majd elvégzi az Eötvös Loránd Tudományegyetemen az alkalmazott matematika szakot. 1958-tól a hálózati osztály vezetőjeként igen eredményes munkát végez az állomásszervezés területén. 1966-ban új megbízatást kap: a megfigyelőhálózat irányításában szerzett tapasztalatait használva az adatfeldolgozó osztály vezetőjeként aktívan bekapcsolódik az éghajlati adatok számítógépes feldolgozásának megszervezésébe.

1976-tól az OMSZ házinyomdájának a felügyeletét és irányítását is ellátta, s e munkáját végzi tovább nyugdíjasként is, eredményesen.

Szakmai, társadalmi munkájának elismeréseképpen 1954-ben kormány kitüntetést kapott.

Nyugdíjba vonulása alkalmából a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa a *Munka érdemrend* ezüst fokozatával tüntette ki. A négy évtizeden keresztül kifejtett lelkiismeretes munkát honoráló kitüntetést *Czelnai Rudolf*, az OMSZ elnöke 1978. december 28-án adta át *Micheller Istvánnak*.

Munkatársunktól nem búcsúzunk, mert nyugdíjasként továbbra is köztünk dolgozik. További eredményes munkájához jó egészséget kívánunk.

Ambrózy P.

✱

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG VÁLASZTMÁNYI ÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság választmánya 1978. évi harmadik ülését december 14-én tartotta. Az elnöki megnyitó kegyeletes szavakkal emlékezett meg *Aujeszky Lászlóról*, a Tudományos Tanács 1978. december 7-én elhunyt tagjáról. Felidézte több

mint fél évszázados tudományos tevékenységének főbb eredményeit, a tudományos ismeretterjesztésben betöltött kiemelkedő szerepét, majd a társaság tagjaként, választott tisztségviselőjeként végzett példamutató munkálkodását. A választmány a Társaság elhunyt tiszteleti tagjára egyperces néma felállással emlékezett.

A napirend első pontjaként a választmány megvitatta és elfogadta a *Steiner Lajos emlékérem* bizottság előterjesztését, majd az elnökségnek a közgyűlés elé terjesztendő javaslatát az új hazai *tiszteleti tagokra* vonatkozóan.

A társaság 1979. évi munka- és költségvetési tervét a főtitkár ismertette felsorolta az 1979-ben megvalósítandó társasági nagyrendezvényeket (vándorgyűlés, francia-magyar aeroszol szeminárium, paleoklimatológiai ankét stb.), és az előkészítésük érdekében tett eddigi intézkedéseket.

Az MTE SZ országos elnökségének novemberben tartott üléséről *Simon Antal* titkár tájékoztatta a választmányt, majd *Bozó Pál* „A regionális agroklimatológiai erőforráskutatás és a mezőgazdaság hidrometeorológiai ellátottságának tapasztalatai” című 1978. október 10–12 között Moszkvában tartott tanácskozásról számolt be a választmányoknak.

A folyó ügyek sorában a választmány megvitatta a Társaságnak az oktatás kérdéseit érintő tevékenységét, úgy döntött, hogy az elnökség kér fel egy oktatási felelőst, aki az OMSZ és a meteorológiai tanszékek illetékes szakembereivel együttműködve tartja napirenden a meteorológiai oktatás és a postgraduális képzés kérdéseit.

A decemberben megrendezett paleoklimatológiai tárgyú ankét sikere és az ott elhangzott javaslatok alapján elhatározta a választmány, hogy 1979-ben e témakörben egy 2 napos tudományos szakülést rendez az özszeres érdekelt MTE SZ társegyesület és a Magyar Földrajzi Társaság közreműködésével.

Befejezésül a választmány *Csepregi Tibort* és *Molnár Zoltánt* a társasági tagok sorába felvette.

Szakály J.

✕

A GARP-ALBIZOTTSÁG ÜLÉSE

Az MTA meteorológiai tudományos bizottságának GARP albizottsága 1978. október 31-én ülést tartott. Megnyitójában *Götz Gusztáv* beszámolt az *Első Globális GARP-Kísérlet* (FGGE) aktuális problémáiról, az operatív év kezdetét közvetlenül megelőző eseményekről. Ezek sorában is kiemelkedő jelentőségű, hogy az USA egyik tartalék geostacionárius műholdjának a felhasználásával kiegészült az FGGE öt eleműre tervezett geoszinkron műholdrendszere, és ezzel megoldódott az operatív év

sikerét talán leginkább veszélyeztető hiány pótlása. Bár jelentős késéssel, de 1978. október 12-én végül is sikeresen pályára került a TIROS-N műhold, amely a többi között az egyenlítő és a déli hemiszféra speciális megfigyelő rendszereinek (aeroszátok, úszó bájék) adatgyűjtésében tölt be kulcsszerepet. A FGGE-vel kapcsolatos magyar hozzájárulás keretében november 30-án Genfben, a FGGE operációs központjába utazik *Götz Gusztáv*, és hamarosan két magyar kutató (*Dombai József* és *Maller Aranka*) kapcsolódik be a MONEX-ben illetve a TWOS-rendszerben résztvevő szovjet kutatóhájók személyzetének munkájába.

Az ülés napirendjére került a GARP *Légáramlás hegyek fölött és hegyek körül* alprogramja, illetve az alprogram keretében 1980-ban sorra kerülő alpi kísérlet (ALPEX) is. A kísérlet tervezése mellett konkrét előkészületek vannak folyamatban a *nemzetközi alpi adatbank* létrehozására. Az adatbank kialakításához a magyar szolgálat is hozzájárul. A GARP egyesített szervező bizottsága (JOC) a XIII. ülésén felkérte a Jugoszláv Szövetségi Hidrometeorológiai Intézetet, hogy vállalja el annak koordinátori szerepét.

Az ülés második napirendi pontjaként előadás hangzott el az FGGE ún. II-b szintű adatrendszeréről. *Koltai Tamás* egy nemzetközi csoport tagjaként hat hónapot töltött az FGGE úrbázisú és speciális megfigyelő rendszerének adatközpontjával kijelölt norrköpingi számítóközpontban. A bizottság tagjai tájékoztatást kaptak az adatkezelő rendszer kialakításának egyes szempontjairól és a munka néhány szakaszáról. A beszámolót vita követte az egyes adatszintek kapcsolatáról, illetve az adatok minőségét érintő kérdésekről.

Az első globális GARP-kísérlet a GARP csúcspontját jelenti. Befejezését követően várhatóan egy még nagyobb méretű és nemzetközi jelentőségű kísérleti és kutatási program indul útjára: az *éghajlati világprogram*. Ennek szervezési kérdéseiről tartott előadást *Tölgyesi István*, áttekintve a kérdés kronológiáját és főbb témáit. Bizonyos kérdésekkel – többek között a magyar részvétel lehetőségeivel – korábbi ülésén már foglalkozott az albizottság. Napjainkra az éghajlati világprogram tervezése aktív szakaszába érkezett. Legutóbbi XXX. ülésén a WMO Végrehajtó Bizottsága részletes elvi programot fogadott el. Ennek alapján három fő terület különíthető el: (1) az éghajlati adatok és alkalmazások, (2) az éghajlatnak az emberi tevékenységre gyakorolt hatásaival foglalkozó és (3) az éghajlatváltozások kutatását felölelő alprogram. Az előkészületek sorában a következő jelentős esemény az 1979. februárjában Genfben rendezendő *éghajlati világkonferencia* lesz, ahol részleteiben is napirendre kerülnek a program tervei és elvárt eredményeinek, illetve ezek hasznosításának a kérdései.

Faragó T.

MEGJELENT

az Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos kiadványaként
a Magyarország Éghajlata sorozat 10. száma:

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

A 80 oldalas, 21×29 cm méretű sugárzási atlasz 65 többszínnyomatú térképen bemutatja a sugárzási összetevőknek (napfénytartam, teljes napsugárzás, szórt sugárzás, albedó és sugárzási egyenleg) havonkénti átlagos eloszlását az ország területén; ezzel párhuzamosan 24 táblázatban 12 állomáson a napsütés valószínűségének napi járását s az össz-sugárzás gyakorisági eloszlását, másik 24 oszlopdiagram a szórt sugárzás s a sugárzási egyenleg Budapesten mért napi értékeinek valószínűségét, gyakoriságát mutatja be. Külön érdeklődésre tarthat számot az a 48 diagram amely a napsugárzásból az épületek négy fő égtáj irányába néző függélyes felületeire jutó energiamentiség napösszegeinek havonkénti gyakoriságát, átlagát és szórását ábrázolja, ugyancsak a budapesti mérések alapján.

Megrendelhető az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024 Levélcím: Budapest, Postafiók 38. 1525

Ára: 110,— Ft

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

- XL. kötet: A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklimája (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.
- XLI. kötet: A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.
- XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig. Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

44. szám: MAJOR GYÖRGY—MISKOLCI FERENC—MOLNÁR GYULA: A légköri hőmérséklet műholdas szondázásának kutatása Magyarországon (Angol nyelven). Budapest, 1978. 70 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.
45. szám: TAKÁCS ÁGNES—TITKOS ERVIN: Az időjárás előrejelzésének komplex modellje (magyar és angol nyelven). Budapest, 1978. 97 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.
46. szám: GÖTZ GUSZTÁV: A latens hőfelszabadulás szerepe a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek fejlődésében (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1979. 94 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

*

Megrendelhető k

az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, 1525
Postafiók 38.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024

Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Tel: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Levélcím: Budapest, Pf. 223. 1906

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



Athenaeum Nyomda, 79.0028 Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 180 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 30 Ft

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329