

Met. J.

IDŐJÁRÁS

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

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

ELNÖK:

DÉSI F. (BUDAPEST)

SZERKESZTŐ:

LŐRINCZ A. (BUDAPEST)

80. ÉVFOLYAM

6

1976. NOVEMBER—DECEMBER

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT BUDAPEST

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

IDŐJÁRÁS

80. ÉVFOLYAM

6

1976. NOVEMBER—DECEMBER

BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

E SZÁM SZERZŐI:

KABA MAGDOLNA, a Központi Meteorológiai Intézet tud. munkatársa, *Budapest*; FARAGÓ TIBOR, a Központi Meteorológiai Intézet tud. munkatársa, *Budapest*; dr. POPOVICS MÁRIA, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. csoportvezetője, *Budapest*; dr. SZEPESI DEZSŐ kandidátus, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. osztályvezetője, *Budapest*; dr. VÁRKONYI TIBOR, az Országos Közegészségügyi Intézet tud. munkatársa, *Budapest*; dr. BORBÉLY EDIT, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. csoportvezetője, *Budapest*; PHAM VU ANH kandidátus, Országos Meteorológiai Szolgálat, *Budapest*; IVÁNYI ZSUZSANNA, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. munkatársa, *Budapest*; PAÁL ANIKÓ, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. segédmunkatársa, *Budapest*; SZABÓ ANDRÁS okl. vegyészmérnök, radiológus, Egyesített Atommagkutató Intézet, *Dubna*.

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

TARTALOM

<i>Kaba Magdolna—Faragó Tibor: A havi középhőmérsékletek statisztikai prognosztizálása és a Ba-yes-rizikó becslése (orosz nyelven)</i>	313
<i>Popovics Mária—Szepesi Dezső—Várkonyi Tibor: A környezeti levegő minősége néhány városunkban</i>	326
<i>Borbély Edit: A légkör ózontartalmának és a sztratoszféra hőmérsékletének változásai</i>	332
<i>Pham Vu Anh: A légköri frontok áthelyeződési sebességének újabb meghatározása (angol nyelven)</i>	337
<i>Iványi, Zs.: A planetáris határréteg keveredési viszonyainak antropogén módosulása (angol nyelven)</i>	342
<i>Paál Anikó: A felsőlégköri szélviszonyok tanulmányozása mesterséges holdak segítségével</i>	350
<i>Szabó András: Az atomerőművek hatása a levegő radioaktív kontaminációjára</i>	356

Irodalom

<i>Berljand, M. E.: A légköri diffúzió és a légszennyeződés időszerű problémái (Gajzágó László)</i>	361
<i>Smith, L. P.: Módszerek az agrometeorológiában (Varga-Haszonits Zoltán)</i>	362
<i>Belov, P. N.: Az időjárás-előrejelzés számszerű módszerei (Tánczer Tibor)</i>	362
<i>Pejml, K.: A prágai Klementinum meteorológiai obszervatóriumának 200 éve (Kéri Menyhért)</i>	363

Krónika

<i>A Sonnblick-Obszervatórium jubileuma és a 14. Alpi Meteorológiai Konferencia (Béll B.) — Rendszerelmélet a népgazdaság fejlesztésében (Lőrincz A.) — Háttér-légszennyezést mérő állomások szervezése Afrikában (Nagy Á.) — Ózon-szimposium Drezdában (Borbély E.) — A GARP új alprogramja: légáramlás hegyek fölött és hegyek körül (Götz G.) — A WMO 2. nemzetközi időjárás-módszertani tudományos konferenciája (Mészáros E.) — Szimpózium a napenergia hasznosításáról (Ambrózy P.) — Nemzetközi felhőfizikai konferencia (Mészáros E.) — Diffúzióklimatológiai tanulmányút Leningrádban (Iványi Zs.) — Agrometeorológiai tanulmányút a Szovjetunióban (Ábrányi A.) — 25 éves a Földrajztudományi Kutató Intézet (Kéri M.) — Az időjárás előrejelezhetőségének korlátairól (Maller A. J.) — Az MMT agrometeorológiai szakosztályának előadói ülése (Dunay S.)</i>	364
---	-----

IDÓJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Kaba, M.—Faraço, T.</i> : Статистический прогноз месячных средних температур и оценка Байесова риска (По русски)	313
<i>Popovics, M.—Szepesti, D.—Várkonyi, T.</i> : The Quality of Ambient Air in some Hungarian Cities	326
<i>Borbély, E.</i> : Variations in the Temperature of the Stratosphere and the Ozone Content of the Atmosphere	332
<i>Pham Vu Anh</i> : A New Method for the Determination of the Transitional Speed of the Atmospheric Fronts (English text)	337
<i>Iványi, Z.</i> : Anthropogenic Modification of the Temperature Profile in the Planetary Boundary Layer (English text)	342
<i>Paál, A.</i> : Study of Wind Conditions in the Upper Atmosphere with the Help of Satellites	350
<i>Szabó, A.</i> : The Effect of Atomic Power Stations on Radioactive Contamination of Air	356
 Literature	
<i>Берлянд М. Е.</i> : Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы (L. Gajzágó)	361
<i>Smith, L. P.</i> : Methods in Agricultural Meteorology (Z. Varga-Haszonits)	362
<i>Белов П. Н.</i> : Численные методы прогноза погоды (T. Tanczer)	363
<i>Pejml, K.</i> : 200 let meteorologické observatore v Pražském Klementinu (M. Kéri)	363
Chronicle	364

Статистический прогноз месячных средних температур и оценка Байесова риска

M. KABA, T. FARAĞO, *Центральный Институт Метеорологии, Будапешт*

A havi középhőmérsékletek statisztikai prognosztizálása és a Bayes-rizikó becslése. A hosszútávú előrejelzéseknél alkalmazott statisztikai módszerek általános célja a Bayes-függvény optimális megközelítése. E dolgozatban egy, az analógiákra támaszkodó, egyszerűbb eljárást vizsgálunk, és megbecsüljük a Bayes-rizikót is. Ezzel kapcsolatban az ún. legközelebbi társ szerinti döntésre vonatkozóan bebizonyítunk egy tételt, amely azt igazolja, hogy az empirikus rizikó aszimptótikusan közelít a Bayes-rizikóhoz. Ez valójában Wagner hasonló tételének általánosítása, és segítségével elvégezzük a vizsgált statisztikai prognózis-modell értékelését is. A prognosztikai eljárásban prediktorként szerepel az atlanti — európai-térség cirkulációs helyzetét leíró, Hess — Brezowsky-féle makroszinoptikus kódok megfelelő, aktuális havi sorozata. A budapesti havi középhőmérsékletek becslésénél az előbb említett kódok 1881 — 1973-ig terjedő sorát használtuk fel. (Az Offenbachban összeállított kódsorozatot a Brit szolgálat vitte gépi adathordozóra). A Bayes-rizikó becslésén és a konfidencia-intervallumok megalkotásán túl még két lehetséges továbbfejlesztést is tárgyalunk. Egyikük az ún. csúsztatott analógiák alkalmazása, amikor az aktuális kódsorozatot nemcsak a megelőző évek hasonló időszakának megfelelő kódsorozataival hasonlítjuk össze, hanem ezek meghatározott időtartamú előre illetve visszacsúsztatásával is. A másik igen hatásosnak mutató általánosítási mód a k legközelebbi társ alkalmazása a számszerű becsléseknél. Vizsgálataink szerint ezek a kiterjesztések együttesen eredményezik a prognózisok lényeges javulását.

*

Statistical Prognosis of Monthly Mean Temperatures and Estimation of Bayes' risk. The global aim of statistical methods used for long-range forecasting is the approximation of the Bayes' function to be the optimal solution. In this paper there is investigated a simpler procedure based on analogies, we are allowed to estimate the Bayes' risk though. In connection with this so-called "Nearest Neighbour Decision Rule" we prove a theorem on the asymptotical convergence of the empirical risk to that in the infinity. It is a generalization of Wagner's analogous theorem and by means of that we able to evaluate our statistical prognostical model. The role of the predictor is playing the actual monthly series of macro-synoptical codes by Hess — Brezowsky concerning the type of the atmospheric circulation over synoptical area of Atlantic and Europe. By its aid we attempt to value the mean monthly temperature in Budapest. For this purpose we have a long bank of mentioned codes from 1881 till 1973 prepared in Offenbach, but ordered for computer by British Service. Beside of estimation of Bayes' risk and construction of significant intervals we show two possible extensions. One of them is using slid analogies, so the actual series of codes is compared with any earlier one for same month and near that. On the other hand there is a method seemed more effective applying k nearest neighbours for the computation of the estimators. Both these developments result better score of prognoses.

*

1. Введение

К решению задач долгосрочных прогнозов являющихся одними из наиболее сложных проблем метеорологии как с теоретической так и прикладной точек зрения, можно подходить двумя основными способами. С одной стороны такие проблемы могут быть анализированы с помощью исследования элементарной динамики крупномасштабных атмосферных процессов, то есть глобальной циркуляции атмосферы. При таком подходе построение прогноза на определенный промежуток времени заключается в интегрировании выбранной моделирующей системы термо-динамических уравнений. Вопреки фундаментальности этого метода его последовательное осуществление вообще невозможно между прочим из-за несовершенства задания исходных полей (*Lorenz, 1969*). В результате этого точность решения быстро понижается и следовательно предсказуемость сильно органичивается во времени. По исследованиям *Smagorinsky (1969)* этот верхний теоретический предел ниже трех недель, но ныне реальный практический предел не превосходит лишь одной недели.

На основе вышесказанных ясно, что главная проблема долгосрочных прогнозов не может быть решена классическими способами динамической метеорологии. Это предложение относится только лишь к чисто динамическим прогнозам, но не «к возможностям предсказать, что следующее лето будет ли тепло или холодно. Мы утверждаем лишь, что невозможно определить какой день следующего лета будет самая теплая или холодная» (*Lorenz, 1969*). В этой связи перспективными являются и модели динамических прогнозов тогда, когда следует оценить среднее во времени поведение некоторого метеорологического элемента на будущее (*Блинова, 1964а, 1964б, Adem, 1965*).

Другой подход к решению упомянутой задачи сугубо связано с тем, что крупномасштабные атмосферные процессы моделируются случайными процессами. Это естественно не исключает возможность применения физических законов. Учет случайности в классических динамических системах ведет к сильному обобщению уже в самом простом случае (*Epstein 1969, Faragó, 1975b*). Но в целом стохастико-динамическая теория атмосферы пока не в состоянии достаточно отражать исследуемые явления. В настоящее время в основном используются более простые статистические методы, как оценки параметров случайных величин, приближение функций распределения, применение марковских процессов, многомерных и канонических корреляций, расчет коэффициентов по естественным ортонормированным составляющим, составление простых и комбинированных регрессионных уравнений, сопоставление контингенций, поиск и анализ аналогий (*WMO, 1966, Nyberg, 1975, Гандин, 1967, Багров, 1966, Craddock—Colgate, 1974, Koppány, 1975, Kaba—Faragó—Gulyás, 1975, Faragó, 1975*).

В практике долгосрочных прогнозов одним из самых распространенных способов представляется расчет статистик основанных на аналогиях. Такой метод просто реализуется на вычислительной машине (хотя вообще нуждается в большой памяти) и также детально разработан с математической точки зрения (*Kaba—Faragó—Gulyás, 1975*). Но однако полученные таким образом результаты могут быть рассмотрены лишь как первичные приближения, поскольку вообще не имеется в распоряжении достаточное число наблюдений, статистически однородных и независимых. Получая опыт в разработке и приложении такого по сути дела простого метода можно привлечь более мощные (и трудоемкие) статистические процедуры совмещающие климатологические, синоптические или верхнего динамические соотношения и законы, тем более, что через расчет байесова риска уже метод аналогий дает возможность оценивания предела предсказуемости.

2. Макроциркуляционные и макросиноптические характеристики, как средства описания глобального состояния атмосферы

Развитием теории долгосрочных прогнозов стало ясным, что такие исследования должны быть связаны с глобальным осмотром атмосферных процессов относительно большой территории. Энергетико-динамические тенденции отдельных явлений или изолированные действия явлений, то есть их интенсивность и продолжительность не соизмеримы с желательной заблаговременностью и временным отрезком действительности прогнозов. Наиболее простыми, но в то же время (по крайней мере на первых порах) достаточно глобальными и содержательными характеристиками циркуляции атмосферы являются макроциркуляционные индексы и макросиноптические коды.

Многосторонний анализ глобальной циркуляции атмосферы отражается в работах *Rossby* и несколько позже *Lorenz* и *Nanias*. Здесь в первую очередь следует упомянуть зональный индекс *Rossby*, который объективно описывает меру зонального течения воздушных масс. Последовательные минимумы и максимумы этого численного индикатора отдалены друг от друга на 2—8 недель, аperiodически. Тем не менее индексы *Rossby* в некоторых приложениях и ныне используются из-за их простоты и интегрированного характера.

Глобальная циркуляция атмосферы в ее основных чертах была исследована также представителями научной школы основанной *Мультановским* и далее в работах *Vaur*.

Введением понятий «естественного синоптического периода» и «макросиноптических типов» стало возможным описать и исследовать более длительные тенденции и преобразования макромерных атмосферных масс. Используя начальные результаты в последние десятилетия были составлены различные каталоги «макрокодов», удовлетворяющие разным требованиям и часто связанные с разными географическими территориями (Средняя Европа, бассейн Карпатов, британские острова и т.п.).

Среди попыток классифицировать глобальных состояний атмосферы наиболее обширными представляются, видимо принципы *Вангенгейма* и *Гирса* (1972), но для анализа погоды такой маленькой территории как бассейн Карпатов, они во всяком случае слишком общие.

Исходя из вышесказанных причин, несмотря на богатый список таких каталогов (*Lamb*, *PSCM*, *Ward* и т.п.) для наших целей стал приемлемым только каталог макросиноптических кодов, составленный *Hess* и *Brezowsky* (1952), тем более что авторы приготовили длительный архив этих кодов (с конца предшествующего века).

Каталог *Hess—Brezowsky* применим к макросиноптическому району Альпов и Карпатов, и для различения ситуаций в этой области он содержит 30 кодов. Коды подразделяются на три группы в соответствии с зональным (4 кода), меридиональным (18 кодов) и смешанным (7 кодов) характером циркуляции. (Один код имеется для кодирования неклассифицируемых положений.)

Коды определяются на каждый день и в сжатой форме отражают территориальную структуру поля давления, точнее схематическое распределение ведущих формаций высокого и низкого давлений. Не смотря на простоты такого представления можно утверждать, что последовательность этих кодов более-менее хорошо описывает процесс циркуляции над выбранной области. Следовательно такие серии могут служить основой раскрытия глобальных аналогий при сопоставлении настоящей погоды с прошлым.

3. Оценка значений по аналогиям

Располагая архивом макросиноптических кодов *Hess—Brezowsky* на период 1881—1973 мы сформулировали статистический метод прогноза месячных средних температур основанный на поиске аналогий. Этот поиск реализованный с помощью вычислительной машины был осуществлен сравнением серии кодов за актуальный месяц с сериями за одноименные месяца заданными в архиве. Мера сходства вычислялась посредством специальной таблицы («scoring») составленной британской службой.

Ниже сформулируем теоретическую основу расчета прогнозов. Частично сохраняя обозначения, введенные в работе *Kaba—Faragó—Gulyás* (1975), пусть рассмотрим случайный вектор x_0 , который символизирует месячную последовательность макросиноптических кодов (за актуальный месяц, который для однозначности состоит из 30 дней). Множество значений обозначается X , а компоненты через $x_0 = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{30})$.

Прогнозируемым случайным элементом $\vartheta_0 \in \Theta$ в нашей задаче является средняя месячная температура в Будапеште. Этот элемент относится к месяцу следующему за тот когда x_0 исчисляется. Актуальное значение переменной ϑ_0 оценивается с учетом наблюдения x_0 и статистической связи между x_0 и ϑ_0 .

В математической статистике *решающей функцией* называют произвольную функцию d , которая действует из X в Θ так что при этом образ $d(x_0)$ тоже будет случайным элементом. Пусть $\hat{\vartheta} = d(x_0)$ обозначает эту оценку для ϑ_0 . Качество оценки $\hat{\vartheta}$ измеряется ее сопоставлением с настоящим элементом ϑ_0 с помощью некоторой *функции риска* $W(\vartheta_0, \hat{\vartheta})$ так что подсчитывается ее средняя величина

$$R(d) = MW(\vartheta_0, \hat{\vartheta}) \equiv MW[\vartheta_0, d(x_0)]$$

названная средним риском.

Оптимальное решение упомянутой задачи задается той решающей функцией, которая минимизирует средний риск. Если такая функция существует, то она называется *решающей функцией Байеса* и здесь обозначается через d^* . Пусть $R^* = R(d^*)$, что означает $R^* \leq R(d)$ для произвольной решающей функции d .

Удовлетворительное приближение Байесова оптимума вообще нуждается в большом количестве вычислений и числе наблюдений. Не обладая такими предпосылками мы выбрали специальный статистический метод основывающийся на поиске аналогий. Тем не менее, как это ниже указывается, сохраняется возможность приемлемой оценки R^* , знание чего важно, потому что оно информирует нас о прогностической способности выбранного предиктора вообще и далее позволяет судить о том, стоит ли построить более эффективные решающие функции, чем та воспользующая аналогиями.

Так вводится *интегральная мера сходства* для пар предикторов

$$\Delta(x_0, x') = 9 - \frac{1}{30} \sum_{t=1}^{30} SC(\mu_t, \mu'_t)$$

$$x_0 = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{30}), \quad x' = (\mu'_1, \mu'_2, \dots, \mu'_{30}),$$

где SC обозначает матрицу сходства пар макросиноптических кодов (scoring), так что $0 \leq SC(\mu, \mu') < 9$ если $\mu \neq \mu'$ и $SC(\mu, \mu) = 9$, если μ не представляет код неклассифицируемых положений. При фиксированном месяце задана серия пар $T_N = [(x_i, \vartheta_i), i = 1, 2, \dots, N]$ наблюдаемых в прошлом и естественно, актуальный вектор $x_0 = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{30})$. В этом случае решающая функция d_N осно-

ывающаяся на аналогиях задается следующим образом. Поищем ближайший сосед к x_0 из серии T_N , то есть то наблюдение $x_{0(N)} = x_k$, что

$$\Delta(x_0, x_k) \cong \Delta(x_0, x_i), \quad i = 1, 2, \dots, N$$

и тогда

$$d_N: d_N(x) = \vartheta_k \equiv \vartheta_{0(N)}.$$

Далее такое решающее правило будет называться функцией по ближайшему соседу или вкратце БС-решением. Риск БС-решения

$$R_N = R(d_N) = M W(\vartheta_0, \vartheta_{0(N)})$$

предел которого, если существует

$$R = \lim_{N \rightarrow \infty} R_N$$

является главной характеристикой предлагаемой процедуры независимо от числа наблюдений.

Теперь естественно спрашивается, как можно оценивать этот асимптотический риск. Следуя Cover (1968) мы введем понятие эмпирического риска S_N БС решения, которое определяется из T_N следующим образом

$$S_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N W(\vartheta_k, \vartheta_{k(N)})$$

где $\vartheta_{k(N)}$ БС-оценка ϑ_k из сокращенной серии $T_N - \{(x_k, \vartheta_k)\}$.

В случае функции риска «нуль-один»

$$W(\vartheta_0, \vartheta_{0(N)}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \vartheta_0 \neq \vartheta_{0(N)} \\ 0, & \text{если } \vartheta_0 = \vartheta_{0(N)}, \end{cases}$$

то есть когда средний риск представляет собой вероятность ошибки при вынесении решения, Wagner (1971) доказал, что $S_N \xrightarrow{N \rightarrow \infty} R$ по вероятности при некоторых дополнительных условиях.

В нашей конкретной задаче множество значений ΘCR^1 непрерывно, итак нашим целям удовлетворял бы такой вариант теоремы Wagner, в котором роль функции риска играет квадратическое отклонение

$$W(\vartheta_0, \vartheta_{0(N)}) = (\vartheta_0 - \vartheta_{0(N)})^2.$$

Перед чем сформулировать и доказать нужный результат цитируем основную предельную теорему связанную с БС-методами.

Теорема (Cover—Hart, 1967): Если пространство наблюдений $\{X, B\}$ сепарабельно и измеримо с метрикой $\Delta = \Delta(x, x')$ (здесь B обозначает σ -алгебру открытых множеств) и $x_1, x_2, \dots, x_N \in X$ независимые и одинаково распределенные случайные векторы, то для произвольного, независимого от предшествующих, но так же распределенного случайного вектора $x_0 \in X$ имеет место предел $x_{0(N)} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} x_0$ с вероятностью 1, где $x_{0(N)}$ представляет ближайший сосед из серии x_1, x_2, \dots, x_N по метрике Δ наблюдения x_0 .

Это утверждение остается в силе и в нашем случае, когда X дискретное, а Δ удовлетворяет лишь только нижеследующим двум условиям

$$\Delta(x, x') \cong 0, \quad \Delta(x, x) = 0$$

для каждой пары $x, x' \in X$, то есть она является только квазиметрикой.

Теорема: Пусть X представляет собой пространство (наблюдений) с такой метрикой или квазиметрикой, что для серии x_1, x_2, \dots, x_N и актуального наблю-

дения x_0 (все независимы и одинаково распределены) выполняется предельный переход $x_{0(N)} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} x_0$ с вероятностью 1. Предполагаем далее, что пространство Θ ограничено) хотя достаточно было бы существование конечного четвертого момента $M\vartheta^4$ и наконец что условные математические ожидания $d^*(x) = M(\vartheta|x)$ и $\sigma(x) = M(\vartheta^2|x)$ непрерывны с вероятностью 1. Тогда $S_N \xrightarrow{N \rightarrow \infty} R$ по вероятности.

Доказательство: Мы покажем среднеквадратический предел. Как известно и с помощью неравенства Маркова легко устанавливается (Rényi, 1966), это влечет в сходимость по вероятности.

Итак рассмотрим выражение

$$M(S_N - R)^2 = MS_N^2 - 2RM(S_N) + R^2 = MS_N^2 - 2RR_{N-1} + R^2.$$

Здесь воспользовались фактом, что S_N является несмещенной оценкой R_{N-1}

$$MS_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N M(\vartheta_k - \vartheta_{k(N)})^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_{N-1} = R_{N-1}.$$

Из работы Cover (19686) известно, что $R_N \rightarrow R$, следовательно нам осталось показать предельный переход $MS_N^2 \rightarrow R^2$. Здесь

$$MS_N^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{k,l} M\{(\vartheta_k - \vartheta_{k(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l(N)})^2\}, \quad (1)$$

а члены под знаком суммирования равны друг другу. Так о каждом из них мы должны проверить его предельное равенство значению R^2 .

Подобно доказательству Wagner мы введем БС-оценку ϑ_k из серии $T_N = \{(x_k, \vartheta_k), (x_l, \vartheta_l)\}$, что обозначается через $\vartheta_{k(N)}$. Аналогично определяется оценка $\vartheta_{l(N)}$ для ϑ_l . Если сейчас удастся асимптотически поменять $\vartheta_{k(N)}$ на $\vartheta_{k_1(N)}$ и $\vartheta_{l(N)}$ на $\vartheta_{l_1(N)}$ в (1), то множители под знаком M становятся независимыми и все легко подсчитается. Для этого необходимо показать, что математическое ожидание разности

$$K \equiv |(\vartheta_k - \vartheta_{k(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l(N)})^2 - (\vartheta_k - \vartheta_{k_1(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l_1(N)})^2|$$

исчезает в пределе. Ясно, что K отличается от нуля лишь тогда, когда $\vartheta_{k(N)} = \vartheta$ или $\vartheta_{l(N)} = \vartheta_k$, итак

$$\begin{aligned} M\{K\} &= M\{K | \vartheta_{k(N)} = \vartheta_2 \cup \vartheta_{l(N)} = \vartheta_k\} P\{\vartheta_{k(N)} = \vartheta_l \cup \vartheta_{l(N)} = \vartheta_k\} \cong \\ &\cong C \frac{2}{N-1} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0 \end{aligned}$$

из-за ограниченности Θ . Следовательно достаточно доказать желаемый предельный переход для модифицированного выражения

$$M\{(\vartheta_k - \vartheta_{k_1(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l_1(N)})^2\} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} R^2$$

Это выражение переписывается следующим образом

$$\begin{aligned} &M[M\{(\vartheta_k - \vartheta_{k_1(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l_1(N)})^2 | x_k, x_{k_1(N)}, x_l, x_{l_1(N)}\}] = \\ &= M[M\{(\vartheta_k - \vartheta_{k_1(N)})^2 | x_k, x_{k_1(N)}\} M\{(\vartheta_l - \vartheta_{l_1(N)})^2 | x_l, x_{l_1(N)}\}] \cong \quad (2) \\ &\cong M[L(x_k) L(x_l)], \end{aligned}$$

где

$$L(x_k) = \sigma(x_k) - 2d^*(x_k)d^*(x_{k_1(N)}) + \sigma(x_{k_1(N)}).$$

Здесь ввиду основной предельной теоремы БС-метода $x_{k_1(N)} \rightarrow x_k$ и $x_{l_1(N)} \rightarrow x_l$ когда $N \rightarrow \infty$ (с вероятностью 1) и с учетом непрерывности функций d^* и σ

$$L(x_k) \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 2\sigma(x_k) - 2[d^*(x_k)]^2 = \\ = 2M\{(\vartheta_k - d^*(x_k))^2 | x_k\} \equiv 2r^*(x_k)$$

и аналогично

$$L(x_l) \xrightarrow{N \rightarrow \infty} M\{[\vartheta_l - d^*(x_l)]^2 | x_l\} = 2r^*(x_l),$$

то есть имеет место стремление к соответствующему условному риску r^* . Снова воспользуемся с тем, что Θ ограничено и это позволяет переход к пределу и под (внешним) знаком M в равенстве (2)

$$M\{(\vartheta_k - \vartheta_{k_1(N)})^2 (\vartheta_l - \vartheta_{l_1(N)})^2\} = M\{L(x_k)L(x_l)\} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \\ \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 4M\{r^*(x_k)r^*(x_l)\} = 4Mr^*(x_k)r^*(x_l) = 4(R^*)^2$$

в силу независимости x_k и x_l . По теореме Cover (1969 б) $R = 2R^*$, итак $4(R^*)^2 = R^2$ и тем самым теорема доказана.

На основе этой теоремы при достаточно большом значении N величина S_N может считаться хорошей оценкой асимптотического риска БС-решения. (В настоящее время не известна никакая оценка скорости этой сходимости, такие исследования относятся только конечнозначным пространствам Θ в работах Cover (1968а) и Fritz (1975).)

Точный расчет эмпирического риска в двух случаях, когда предиктор относился к январю и июлю, соответственно дал следующие результаты ($N = 93$)

$$S_{93}^{(1/2)} = 11,7 \quad S_{93}^{(7/8)} = 3,4.$$

В то же время эмпирические значения квадратов дисперсии для среднемесячной температуры в Будапеште в феврале и августе

$$[\sigma^{(2)}]^2 = 9,0 \quad [\sigma^{(8)}]^2 = 2,3.$$

Очевидно, непосредственное применение БС-метода не дает приемлемый результат. Перед тем как переходить к усовершенствованию метода пусть оценим средний риск R^* принадлежащий к оптимальному Байесову решению. В случае $\Theta = \{0,1\}$

$$R^* \in [(1 - \sqrt{1 - 2R_N}) \frac{1}{2}, R_N]$$

для больших N (Cover, 1969), но для среднеквадратического риска ситуация менее благоприятна поскольку $R^* = 2R$.

(То есть описанный БС-метод работает хорошо лишь тогда, когда R^* близко к нулю.) Так приблизительно для прогноза

$$\begin{array}{ll} \text{на февраль (индекс 1/2)} & R^* = 5,9 \\ \text{на август (индекс 7/8)} & R^* = 1,7 \end{array}$$

что и весьма перспективно.

4. Система доверительных интервалов

С прикладной точки зрения желательно построить такие прогностические интервалы, которым с определенной вероятностью принадлежит ϑ_0 . Для этой цели лучше всего воспользоваться с условным распределением ϑ_0 при заданном x_0 . Пока не обладаем анализом этого распределения (хотя имеется гипотеза об его нормальности), так упомянутые интервалы конструируются эмпирически, то есть на основании частотной оценки функции распределения. Для этого предполагаем, что распределения разностей $\vartheta_0 - \vartheta_{0(N)}$ одинаковы, независимо

от x_0 . Далее перед определением подходящего доверительного интервала, точечная оценка $\vartheta_{0(N)}$ отсекается следующим образом $\tilde{\vartheta} = \bar{\vartheta} - a$ если $\vartheta_{0(N)} < \bar{\vartheta} - a$; $\tilde{\vartheta} = \bar{\vartheta} + a$, если $\vartheta_{0(N)} > \bar{\vartheta} + a$ и $\tilde{\vartheta} = \vartheta_{0(N)}$ иначе, где $\bar{\vartheta} = \sum \vartheta_k / N$ и параметр a зависит от растянутости распределения. (В наших расчетах $a = 0,8 \sigma$). Смысл введения интервала $I_0 = [\bar{\vartheta} - a, \bar{\vartheta} + a]$ заключается в учете климатологических условий при прогнозе, поскольку в простой БС-схеме это не может содержаться.)

Для увеличения предсказывающей способности интервалы сопоставляются

ТАБЛИЦА I.

Доверительные интервалы I_A, I_B, I_C, I_D , и I_K . Интервалы для критериях В, С, D, следует смещать на значение $\vartheta_{0(N)}$

месяц	A	%	B	%	C	%	D	%	K	%
1	0,5;2,7	74	-1,1;1,6	69	-2,2;2,4	71	-2,2;2,4	66	-3,0; 5,0	85
	-1,5;2,9	84	-1,6;2,4	79	-2,5;2,7	76	-2,7;2,7	72		
	-1,9;3,0	86	-1,9;2,7	86	-2,5;3,7	82				
2	5,7;8,8	63	-1,9;2,1	71	-2,3;2,0	70	-2,3;2,2	69	2,6; 9,0	85
	5,7;9,4	69	-2,2;2,2	74	-2,5;2,1	74	-2,5;2,5	72		
	4,8;9,6	79	-2,4;2,3	80						
3	10,4;13,9	73	-1,5;1,5	71	-2,6;2,2	69	-2,5;1,9	70	8,9;14,3	85
	9,6;14,1	89	-1,7;2,2	81	-2,7;2,5	75	-2,6;2,2	74		
			-2,0;2,8	84						
4	-		-1,8;1,6	68	-1,9;1,6	65	-1,9;1,7	67	14,2;18,8	85
			-1,9;1,8	78	-2,0;1,8	71	-2,0;2,0	71		
			-2,2;2,2	87	-2,2;2,2	82	-2,2;2,2	82		
5	-		-1,1;1,4	67	-1,6;2,0	68	-1,6;1,7	69	17,9;21,9	85
			-1,7;1,6	70	-1,7;2,3	81	-1,7;1,9	74		
			-1,9;1,9	76			-1,8;2,3	81		
6	-		-1,2;1,0	71	-1,4;1,4	73	-1,3;1,3	68	20,2;23,8	85
			-1,3;1,2	80			-1,5;1,4	73		
							-1,7;1,8	80		
7	-		-1,6;1,6	67	-1,6;1,6	73	-1,6;1,7	69	19,0;23,2	85
			-1,7;2,0	76	-1,7;1,9	78	-1,7;1,9	75		
							-1,9;2,0	80		
8	-		-1,4;1,8	65	-1,7;1,6	66	-1,7;1,7	69	14,5;19,3	85
			-1,7;2,2	73	-1,8;1,9	74	-1,8;1,9	74		
			-2,0;2,3	77			-2,0;2,3	79		
9	-		-1,2;1,7	67	-1,5;1,7	65	-1,5;1,7	69	8,8;13,6	85
			-1,4;1,8	73	-1,7;2,0	71	-1,7;2,0	75		
			-1,7;2,4	82	-2,1;2,4	79	-2,1;2,4	79		
10	-		не применимо		-2,1;2,4	67	-2,1;2,4	67	2,3;8,3	85
					-2,2;2,5	73	-2,2;2,5	73		
					-2,5;2,8	78	-2,5;2,8	76		
11	-0,8;1,8	73	-1,8;2,7	63	-1,8;1,8	71	-2,1;2,5	68	-2,4;4,2	85
	-1,1;2,4	81	-2,1;2,9	71	-2,1;2,4	79	-2,2;2,7	71		
					-2,2;2,7	85	-2,4;2,9	74		
12	-1,7;2,8	70	не применимо		-2,5;2,4	63	-2,6;3,3	68	-5,0;3,2	85
	-1,5;3,3	76			-2,6;3,3	71	-3,2;3,5	72		

к оценке $\tilde{\vartheta}$ условно, принимая в внимание выполнение следующих обстоятельств (в фиксированном порядке): если в серии кодов $x_0 = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{30})$ последний соответствует зональному течению в зимних и смежных месяцах (с ноября до марта включительно), тогда определенный для этого класса интервал (или интервалы) I_A задается, независимо от $\vartheta_{0(N)}$ если же это не выполняется, но сходство последних кодов в x_0 и $x_{0(N)}$ достаточно высокое, то принимается интер-

вал I_B вокруг $\vartheta_{0(N)}$. Далее рассчитывается интервал I_C вокруг $\vartheta_{0(N)}$ для класса БС-испытаний, в который индекс аналогии превышает определенного порога и наконец для всех остальных ситуаций применяется интервал I_D вокруг $\vartheta_{0(N)}$ подсчитанный из всевозможных разностей $\vartheta_k - \vartheta_{k(N)}$

Система этих интервалов для каждого месяца (и вверх того вообще несколько из них, соответствующие разным доверительным вероятностям) содержится в таблице 1.

Указанный порядок критериев обуславливается их анализом с точки зрения числа попаданий ϑ_k в данные интервалы и с другой стороны сравнением широты этих интервалов. Важность первого критерия (А) обосновывается и известными причинами связанными с макроциркуляцией атмосферы в синоптической области Средней Европы. Ибо антициклон порожденный с азорским центром в упомянутые месяцы нередко настолько мощный и долговременный, что текущие под его действием теплые атлантические воздушные массы значительно влияют и на среднемесячные температуры низкого слоя над Венгрией. Так например эта температура в среднем на 1°C выше нормального в февральях, когда конец предшествующего месяца характеризуется описанными циркуляционными картами.

Полученный таким образом прогностический интервал $I = I_A, I_B, I_C$ или I_D доверительности 70—75% еще раз отсекается интервалом $I_k = [\bar{\vartheta} - 1,5\sigma; \bar{\vartheta} + 1,5\sigma]$ зависящий от априорного распределения ϑ , который по исследованиям *Faragó—Gulyás* (1974) несомненно подчиняется гауссовскому закону. Этот отсеченный интервал $I \cap I_k$ служит прогнозом.

Статистическая проверка отдельных интервалов I_A, I_B, I_C и I_D может быть выполнена по работе *Thom* (1966).

Сводный расчет по серии T_N был сделан для прогнозов февральской (индекс 1/2), майской (индекс 4/5), августской (индекс 7/8) и ноябрьской (индекс 10/11) температуры выбирая интервалы по-одному для каждого месяца и класса А, В, С и D. Качество оценок в итогах было задано относительным числом попаданий в интервалы (в процентах) и средней длиной интервалов.

В таблицах II., III. приводятся эти сводные расчеты для майского и ноябрьского прогнозов. Подобные результаты были получены и для февральского (70%-е попадание и $4,8^\circ\text{C}$ средняя длина интервалов) и августского (76% и $3,2^\circ\text{C}$ соответственно) прогнозов, что уже значительно превосходит качество «климатологического прогноза», поскольку подобные климатологические интервалы приблизительно на одну треть шире.

Эту среднюю пропорцию попаданий можно оценивать непосредственно исходя из того, что вероятности сформулированных при различных критериях и примененных в сводном расчете интервалов I_A, I_B, I_C и I_D приблизительно одинаковы и равны 75%:

$$p_A \equiv P\{\vartheta \in I_A | A\}, \quad p_B \equiv P\{\vartheta \in I_B | B\}, \quad p_C \equiv P\{\vartheta \in I_C | C\}, \\ p_D \equiv P\{\vartheta \in I_D | D\} \approx 0,75.$$

Тогда для интервала I играющий роль в сводном расчете

$$P\{\vartheta \in I\} = P\{\vartheta \in I_A | A\}P(A) + P\{\vartheta \in I_B | B \bar{A}\}P(\bar{A}) + \\ + P\{\vartheta \in I_C | C(B \cup A)\}P(C(B \cup A)) + P\{\vartheta \in I_D | D(C \cup B \cup A)\} \cdot \\ \cdot P\{D(C \cup B \cup A)\} = p_A P(A) + p_B P(\bar{A}) + p_C P(C(B \cup A)) + \\ + p_D P\{D(C \cup B \cup A)\} \approx 0,75$$

предполагая при этом, что критерии независимы и используя факт, что они

образуют полную систему, то есть $P(A \cup B \cup C \cup D) = P(D) = 1$. Но это оценка далеко не точна, тем более, что в прогнозах фактически используется интервал $I \cup I_k$. Поэтому стало нужным конкретный расчет, отраженный частично в таблицах II. и III.

5. Дальнейшие усовершенствования: скользящий поиск аналогий и метод использующий k аналогий

Две возможности расширения БС-методов предлагается и иллюстрируется ниже. Эти методы нуждаются в значительно большем объеме вычислений, но в то же время они заметно более эффективны.

В первую очередь мы испытываем один более совершенный метод поиска аналогий, так что при поиске к актуальному месяцу аналогий сравниваются не только одноименные месяцы, а временные интервалы скользящие как максимум на 15 дней вназад и вперед тоже. При этом число рассмотренных аналогий к x_0 кратное N , но они уже вовсе не независимы. Поэтому из каждого года и далее принимается лишь одна аналогия, но та, которая наиболее сходна с x_0 среди скользящих. Формально речь идет о новой квазиметрике

$$\bar{\Delta}(x_0, x') = \min_{-c \leq v \leq c} \left\{ 9 - \frac{1}{30} \sum_{t=1-v}^{30-v} \alpha_{t+v} S C(\mu_t, \mu'_t) \right\}$$

вместо Δ , где $C \leq 15$, α_{t+v} последовательность весов, ударяющие конец периода, так например $\alpha_{t+v} = t + v$

Сравнение эмпирического риска прогноза температуры на июнь (индекс 5/6) дает небольшое превосходство оценок с скользящим поиском, но разница в доверительных интервалах уже значительна:

интервалы	периоды совпадают с месяцами	скользящие
I_B	-1,9 - 1,9 76 %	-1,8 - 1,9 87 %
	-1,7 - 1,6 70 %	-1,7 - 1,5 79 %
I_C	-1,7 - 2,3 81 %	-1,8 - 2,2 82 %
	-1,6 - 2,0 68 %	-1,6 - 1,5 73 %

Другое развитие БС-метода заключается в применении k аналогий (k ближайших сосед). Ибо на основании одного результата Cover (1968), если БС-оценка для θ_0 представляется как средняя величина от θ -параметров k ближайших сосед из T_N к x_0 , то риск этой оценки

$$R^{(k)} = \left(1 + \frac{1}{k} \right) R^*$$

Аналогично доказанной выше теореме имеет место утверждение, что эмпирический риск $S_N^{(k)}$ этого метода стремится к $R^{(k)}$ (хотя видимо тем медленнее, чем больше значение k). Так имея достаточное число наблюдений выбором k оптимальное Байесово решение произвольно хорошо доступно.

Мы задавались с $k = 9$ и в этом случае вместо эмпирического риска обыкновенного БС-метода ($k = 1$) для февральского прогноза $S_{98}^{(1/2)} = 11,7$, получилось $\bar{S}_{98}^{(1/2)} = 8,4$.

ТАБЛИЦА II.

Сводный расчет прогностических интервалов температуры на май. Ошибка показывает расстояние настоящего значения от интервала

Год	критерии	интервал	ошибка	Год	критерии	интервал	ошибка
1881	D ,	14,2;18,6	0	1928	D , K	14,2;17,4	0
1882	C , K	14,2;17,5	0	1929	C , K	15,6;18,8	0
1883	C	14,4;18,8	0	1930	B , K	14,2;17,0	+1,8
1884	C , K	14,2;17,4	0	1931	C , K	14,2;17,4	+1,3
1885	D , K	14,2;18,2	0	1932	D , K	14,2;17,4	0
1886	C , K	14,2;17,8	0	1933	B , K	14,2;17,2	0
1887	B , K	14,2;17,8	0	1934	D , K	14,2;17,9	0
1888	B , K	14,2;16,7	+0,1	1935	B , K	14,2;17,4	+1,4
1889	C , K	15,5;18,8	+0,5	1936	D	14,2;18,6	0
1890	C , K	14,2;17,4	+0,6	1937	C , K	15,3;18,8	0
1891	D , K	15,6;18,8	+1,0	1938	B	14,4;18,1	+0,4
1892	D	14,2;18,6	0	1939	B , K	15,5;18,8	0
1893	D , K	15,5;18,8	0	1940	D , K	15,6;18,8	0
1894	D , K	14,2;17,4	0	1941	D , K	14,2;18,5	0
1895	B , K	14,2;17,0	0	1942	B	14,5;18,2	0
1896	C , K	14,2;17,6	0	1943	C , K	15,6;18,8	-0,7
1897	B	14,9;18,6	0	1944	C , K	15,3;18,8	0
1898	B	14,6;18,3	0	1945	C , K	15,6;18,8	0
1899	B	14,7;18,4	0	1946	C , K	15,2;18,8	0
1900	B , K	15,5;18,8	-0,3	1947	C , K	14,2;17,4	+0,7
1901	B , K	14,2;17,0	0	1948	C , K	14,6;18,8	0
1902	D , K	14,2;17,4	-1,6	1949	B , K	14,2;17,0	0
1903	B	14,7;18,4	0	1950	D , K	15,4;18,8	0
1904	C	14,4;18,8	0	1951	B , K	14,2;17,4	0
1905	B , K	14,2;17,8	0	1952	D , K	14,2;17,5	0
1906	C , K	15,6;18,8	0	1953	D , K	15,6;18,8	0
1907	D , K	15,5;18,8	0	1954	B , K	15,9;18,8	0
1908	C	14,4;18,8	+0,3	1955	C , K	15,4;18,8	0
1909	C	14,2;18,6	0	1956	D , K	15,6;18,8	0
1910	C , K	14,5;18,8	0	1957	D , K	14,2;17,4	-0,5
1911	B , K	14,2;16,7	0	1958	D , K	14,2;17,4	+3,2
1912	B , K	14,2;17,0	0	1959	C	14,4;18,8	0
1913	D	14,2;18,1	0	1960	B , K	15,6;18,8	0
1914	C , K	15,3;18,8	0	1961	B , K	15,9;18,8	-0,7
1915	C , K	14,2;17,5	0	1962	B	15,1;18,8	0
1916	D , K	14,8;18,8	-0,1	1963	B , K	14,2;17,0	+0,4
1917	B , K	15,7;18,8	0	1964	B , K	14,2;17,0	0
1918	C , K	15,8;18,8	-1,4	1965	B	14,4;18,1	0
1919	C , K	15,4;18,8	0	1966	D	14,2;18,6	0
1920	D , K	14,5;18,8	0	1967	D , K	15,6;18,8	0
1921	B , K	14,2;17,0	0	1968	D , K	14,2;17,8	0
1922	D , K	15,6;18,8	0	1969	C	14,2;18,6	+1,0
1923	D , K	14,2;17,6	-0,7	1970	C	14,4;18,8	0
1924	C	14,4;18,8	0	1971	D , K	14,2;18,1	-0,4
1925	B , K	15,6;18,8	-0,6	1972	C , K	14,2;17,8	0
1926	B	15,1;18,8	-0,5	1973	C , K	15,6;18,8	0
1927	B , K	15,9;18,8	0				

Примененные интервалы: $I_B = -1,9;1,8$, $I_C = -2,2;2,2$,
 $I_D = -2,2;2,2$, $I_K = 14,2;18,8$

Средняя длина интервалов: 3,5

Процент попаданий в интервалы: 74 %

ТАБЛИЦА III.

Сводный расчет прогностических интервалов температуры на ноябрь. Ошибка показывает расстояние настоящего значения от интервала

Год	критерии	интервал	ошибка	Год	критерии	интервал	ошибка
1881	D, K	3,4;8,3	0	1928	C	2,4;7,4	+0,6
1882	D, K	4,6;8,3	0	1929	C, K	4,6;8,3	0
1883	C, K	2,3;7,0	0	1930	C, K	4,6;8,3	0
1884	C, K	3,9;8,3	-2,0	1931	C, K	4,6;8,3	0
1885	D, K	3,7;8,3	0	1932	C, K	2,3;6,9	0
1886	D, K	2,3;6,4	0	1933	D, K	3,4;8,3	0
1887	D, K	4,6;8,3	0	1934	C, K	4,6;8,3	0
1888	D, K	4,6;8,3	-3,0	1935	C, K	4,6;8,3	0
1889	D, K	2,3;6,9	0	1936	C, K	2,3;6,4	0
1890	C, K	4,6;8,3	0	1937	D, K	2,3;6,4	0
1891	D, K	3,3;8,3	0	1938	C,	4,2;8,3	0
1892	D, K	4,6;8,3	-2,0	1939	D,	3,2;8,2	0
1893	C, K	4,6;8,3	-0,2	1940	D, K	2,3;6,4	+1,8
1894	D, K	4,3;8,3	0	1941	C, K	2,3;6,4	0
1895	D, K	4,6;8,3	0	1942	C, K	4,2;8,3	0
1896	D, K	3,8;8,3	-0,1	1943	C, K	2,3;6,4	0
1897	D, K	4,6;8,3	-2,8	1944	D, K	2,3;6,4	0
1898	D, K	3,6;8,3	0	1945	C	2,4;7,4	0
1899	C, K	2,3;6,4	0	1946	D, K	4,1;8,3	0
1900	C, K	4,6;8,3	0	1947	C, K	4,6;8,3	0
1901	D	2,7;7,7	0	1948	C, K	2,3;6,9	0
1902	C	3,0;8,0	-1,0	1949	C	2,7;7,7	0
1903	C, K	4,6;8,3	0	1950	D, K	2,3;6,4	0
1904	C, K	4,6;8,3	-1,8	1951	D, K	2,3;6,4	+1,8
1905	D, K	3,7;8,3	0	1952	D, K	3,7;8,3	0
1906	D, K	4,2;8,3	0	1953	D, K	4,5;8,3	0
1907	D	2,1;7,1	0	1954	C, K	4,6;8,3	0
1908	C	2,7;7,7	-2,0	1955	D, K	3,4;8,3	0
1909	C, K	4,2;8,3	0	1956	D, K	4,6;8,3	-2,3
1910	D, K	4,5;8,3	-0,3	1957	C, K	2,3;6,9	0
1911	D, K	2,3;6,4	+1,4	1958	D, K	4,6;8,3	0
1912	D, K	4,6;8,3	-2,1	1959	C, K	2,3;6,4	0
1913	D, K	2,4;7,4	0	1960	D, K	2,3;6,9	+1,1
1914	D, K	2,3;6,4	0	1961	D, K	4,6;8,3	0
1915	D, K	2,3;6,4	0	1962	C, K	2,3;6,4	0
1916	C, K	4,6;8,3	0	1963	C, K	4,6;8,3	+1,0
1917	C, K	4,2;8,3	0	1964	C, K	4,2;8,3	0
1918	D, K	4,6;8,3	-1,2	1965	D, K	2,3;6,4	0
1919	D, K	2,3;6,4	0	1966	D	2,3;7,3	0
1920	C, K	2,3;6,4	-1,8	1967	C, K	4,2;8,3	0
1921	C, K	4,2;8,3	-1,5	1968	C, K	4,6;8,3	0
1922	D, K	2,3;6,4	0	1969	C, K	2,3;6,4	+1,7
1923	C, K	4,6;8,3	0	1970	C, K	2,3;6,9	+0,5
1924	D, K	4,6;8,3	-1,3	1971	D, K	4,6;8,3	0
1925	D, K	3,9;8,3	0	1972	-	-	-
1926	C	2,5;7,5	+2,9	1973	-	-	-
1927	C, K	2,3;6,4	0				

Примененные интервалы: $I_C=I_D= -2,3;2,7$ $I_K= 2,3;8,3$.

Средняя длина интервалов: 4,2

Процент попаданий в интервалы: 73 %

Проведенная здесь модель и связанные с ней исчисления явно показывают, что уже относительно простые вычислительные системы долгосрочных прогнозов значительно трудоемкие как с метеорологической, так и с математической и вычислительной (подразумывая ЭВМ) точки зрения.

Авторы работы выражают свою истинную благодарность *Ottó Gulyás* за его полезные замечания касающиеся статистической основы модели, *Klára Kristóf* и *Judit Bak* за их помощь по вычислительной технике.

ЛИТЕРАТУРА

- Adem, J.*, 1965: Experiments aiming at monthly and seasonal numerical weather prediction, *Monthly Weather Rev.*, Vol. 93, No. 8, 495—503.
- Багров, Н. А.*, 1966: Предсказание месячного количества осадков, *Метеорология и Гидрология*, 7., 3—12.
- Блинова, Е. Н.*, 1964a: Состояние и ближайшие задачи гидродинамической теории климата и долгосрочного прогноза погоды, *Изв. АН СССР*, сер. геофиз., 1.
- Blinova, E. N.*, 1964b: Hydrodynamical long-range weather forecasting in the USSR, *WMO Techn. Note*, No. 66.
- Cover, T. M.*, 1968a: Rates of convergence of nearest neighbour decision procedures, *First Annual Hawaii Intern. Conf. on Systems Theory*.
- Cover, T. M.*, 1968b: Estimation by the NN rule, *IEEE Trans. on Inform. Theory*, Vol. IT—14, No. 1.
- Cover, T. M.*, 1969: Learning in pattern recognition, *Methodologies of pattern recognition*, S. Watanabe ed., Academic Press, New York.
- Cover, T. M., Hart, P. E.*, 1967: Nearest neighbour pattern classification, *IEEE Trans. on Inform. Theory*, Vol. IT—13, No. 1.
- Craddock, J. M., Colgate, M. G.*, 1974: The use of eigenvectors for smoothing and prediction, *Bull. of the Inst. of Math. and its Appl.*, Vol. 10, No. 5—6.
- Epstein, E. S.*, 1969: Stochastic dynamic prediction, *Tellus*, Vol. 21, No. 6.
- Faragó T.*, 1975: Egy kombinált regressziós becslésről (Об одной регрессионной оценке), *Időjárás*, 79. évf., No. 6.
- Faragó T.*, 1975b: A sztochasztikus dinamikus prognosztika modellalkotásáról (О стохастико-динамических моделях), *Kézirat, OMSZ, Budapest*.
- Faragó T., Gulyás O.*, 1974: A valószínűségi sűrűségfüggvény becslése (Оценка вероятностной плотности), *Meteorológia Tanulmányok 3.*, OMSZ, Budapest
- Fritz J.*, 1974: Distribution free exponential error bound for nearest neighbour pattern classification, *Preprint No 74/1974, MTA Matem. Kut. Int.*, (IEEE Trans. on Inform Theory, 1975: megjelenés alatt)
- Гандин, Л. С.*, 1967: О применении метода канонических корреляций в метеорологии, *Тр. ГГО*, 208., Ленинград.
- Hess, P.*, 1957: A cirkuláció jellemzői európai makroszinoptikus helyzetekben (Характер циркуляции при европейских макросиноптических ситуациях), *Időjárás*, 61. évf., 4. sz., 253—259.
- Hess, P., Brezowsky, H.*, 1952: Katalog der Grosswetterlagen Europas, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone*, Bad Kissingen, No. 33.
- Kaba M., Faragó T., Gulyás O.*, 1975: Az analógia elvén alapuló prognosztikai módszerek matematikai modellje (Математическая модель прогностических методов основанных на аналогиях), *Időjárás*, 79. évf., 3. sz., 166—176.
- Koppány Gy.*, 1975: Az analógiák hosszú távú extrapolációja (Экстраполяция аналогий на длительные сроки), *Időjárás*, 79. évf., 1. sz., 17—27.
- Lorenz, E. N.*, 1969: Three approaches to atmospheric predictability, *Bull. Amer. Met. Soc.*, Vol. 50, No. 5.
- Nyberg, A.*, 1975: An experiment in forecasting monthly mean temperature in Stockholm, *Tellus*, Vol. 27, No. 1.
- Smagorinsky, J.*, 1969: Problems and promises of deterministic extended range forecasting, *Bull. Amer. Met. Soc.*, Vol. 50, No. 5. 286—312.
- Rényi A.*, 1966: Valószínűségszámítás (Теория вероятностей), Tankönyvkiadó, Budapest.
- Thom, H. C. S.*, 1966: Some methods of climatological analysis, *WMO Techn. Note*, No. 81.
- Wagner, T. J.*, 1971: Convergence of the NN-rule, *IEEE Trans. on Inform. Theory*, Vol. IT—17, No. 5.
- , Statistical analysis and prognosis in meteorology, *WMO Techn. Note*, No. 71, 1966.

A környezeti levegő minősége néhány városunkban*

POPOVICS MÁRIA, SZEPESI DEZSŐ, Központi Légekörfizikai Intézet, Budapest,
VÁRKONYI TIBOR, Országos Közegészségügyi Intézet, Budapest

The Quality of Ambient Air in some Hungarian Cities. The aim of this article is to present the results of sulfur dioxide measurements carried out at 124 air quality measuring stations in 7 cities of the country in 1975. For each station the numbers of days were determined when the daily average concentration exceeded the 0,15 mg/m³ air quality threshold value. As a result of the investigation the territorial distribution of the number of days are presented (Figs. 1 and 2) when the threshold value was exceeded. The results help to compare the quality of ambient air in the main Hungarian cities and to give some hints how to modify or enlarge the existing network to get a more reliable territorial distribution of the air quality.

*

Качество воздуха в некоторых из венгерских городов. Приводятся результаты обработки суточных данных о концентрации серной кислоты в воздухе, полученных за 1975 г. на 124 станциях семи городов. Для каждой станции было определено число дней с концентрацией, превышающей предельно допустимую для защищенных районов величину концентрации, равную 0,15 мг/м³. В качестве результата проведенных исследований приводятся карты семи городов, из которых видно, где и в какие дни 1975 года в пределах территории городов загрязнение воздуха серной кислотой превысило предельно допустимую концентрацию (рис. 1 и 2). Полученные результаты позволяют оценить степень загрязнения воздуха городов и сопоставить их с этой точки зрения. Накопленный при интерпретации данных опыт дает опору для соответствующего изменения или дополнения сети станций, на которых измеряется концентрация вредных примесей.

*

A korábbi hazai immisszió-felmérések a korszerű levegőtisztaság-védelmi követelményeknek már nem feleltek meg. A kevés számú ponton rendszertelenül végzett mérések eredményei nem tették lehetővé a települések levegőminőségének területi megoszlásban való értékelését.

E téren jelentős előrelépést jelentett a levegő tisztaságának védelméről szóló 1/1973. (I. 9.) MT. sz. rendelet, melynek alapján az Országos Immisszió-mérő hálózat 1974 januárjában kísérleti, majd egy év múlva rendszeres működését megkezdte. Az Országos Immisszió-mérő hálózat a környezeti levegő minőségének közegészségügyi hatósági ellenőrzésében közreműködő szervezet [1]. Feladatai a következők:

1) a környezeti levegő állapotának és az ebben bekövetkező változásoknak rendszeres és folyamatos ellenőrző vizsgálata; 2) adatszolgáltatás a megfelelő minőségű levegő biztosítását célzó hatósági intézkedések meghozatalához; 3) immisszió mérések végzése a települések alapterhelésének, továbbá az egyedi kibocsátási határértékek megállapításához; 4) a levegőminőséggel kapcsolatos bejelentések, panaszok vizsgálata.

Az immisszió-mérő hálózat tevékenysége városokra, községekre, településekre, mezőgazdasági, üdülő és természetvédelmi területekre terjed ki. Országosan jelenleg 32 város, összesen 470 mérőállomásán folytat méréseket.

A mérőhálózat telepítés-tervezését tudományosan megalapozott tanulmányok készítették elő. Egyik tanulmány — figyelembe véve a városok méretét, emisszió-sűrűségét, a meteorológiai tényezőket és a domborzati viszonyo-

* Készült a VÁTTI 1847/75 sz. megbízása alapján

kat — a mérő-állomások helyét és számát tervezte meg [2]. A másik tanulmány a tervezett hálózatban alkalmazandó műszerek fajtáit, a mérések és adatszolgáltatás rendjét dolgozta ki [3]. A fenti tanulmányok irányelveként szolgáltak a mérőállomások telepítésénél. A mérőállomások üzemeltetését a Közegészségügyi és Járványügyi Állomások Levegőhigiénés Laboratóriumai végzik.

Ezen immisszió-mérő hálózat adatai alapján hét városunk levegőminőségi helyzetének értékelését végeztük el. Míg a korábbi vizsgálatok a szórványosan végzett mérések adataiból napi, évszakos, illetve évi átlagértékek előállítására irányultak, jelenlegi tanulmányunkban hasznosabbnak tartottuk, ha küszöbérték feletti károsodást okozó koncentrációk évi előfordulásának abszolút gyakoriságát adjuk meg.

A feldolgozás anyaga és módszere

Vizsgálati anyagunkat az Országos Immisszió-mérő hálózatban 1975. január 1. — december 31. között végzett kén-dioxid szennyezettség mérések adatai képezték. Igyekeztünk az anyagot az ország különböző területeiről kiválasztani, azonban csak azokra az adatsorokra támaszkodhattunk, amelyek kellő számú mérésből álltak. Ezért a 24 órás automatikus, szakaszos műszerek (AEROMAT típus) adatait és a regisztrálók (Philips típus) 30 perces adataiból meghatározott napi középértékeket egyaránt felhasználtuk. A műszerek beszállásának magassága a légzési zónában volt. A mintavétel 0 órakor történt.

A 124 felhasznált mérőállomás városenkénti megoszlása az alábbi:

Ajka	Budapest	Dorog	Miskolc	Pécs	Szeged	Veszprém
10	34	14	28	22	5	11

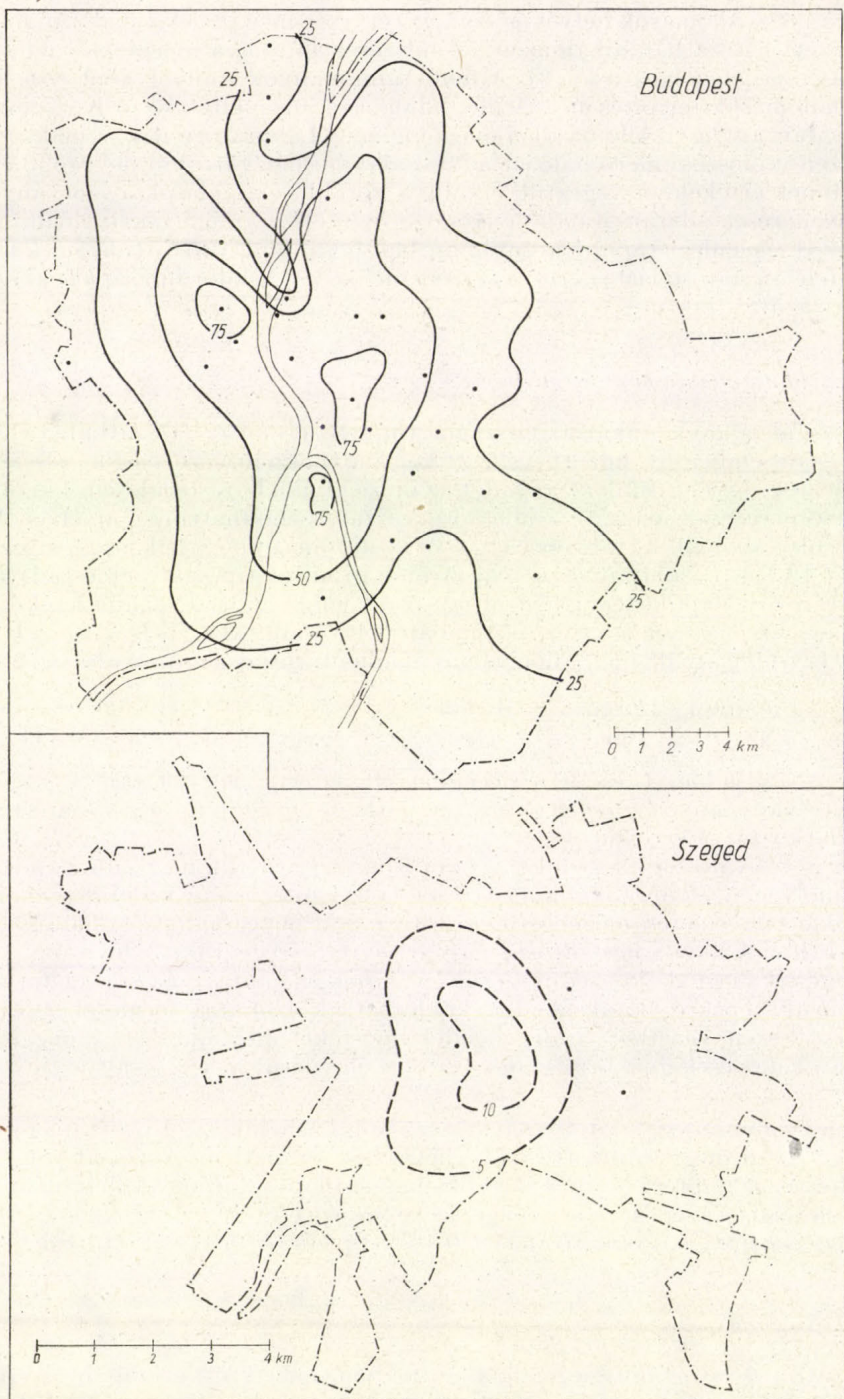
Az 1975. január 1. és 1975. december 31. között mért 24 órás kén-dioxid koncentráció adatokat a védett terület napi átlagos levegőminőségi határértékére [4] vonatkoztatva értékeltük.

Az egyes városokra havonkénti bontásban határoztuk meg azon napok számát, amelyeken a kén-dioxid koncentráció a levegőtisztaság-védelmi szempontból „védett” területen megengedhető $0,15 \text{ mg/m}^3$ levegőminőségi határértéket meghaladta. A havi adatokat egy naptári évre összegeztük. A levegőminőségi határértéket meghaladó szennyezettségű napok számát a városok belterületét ábrázoló térképekre vittük át. Így kijelölhettük azokat a területeket, ahol a kén-dioxid szennyezettség a megengedett mértéket meghaladta, és megállapíthattuk a túllépések gyakoriságának területi eloszlását is a vizsgált évre vonatkozóan.

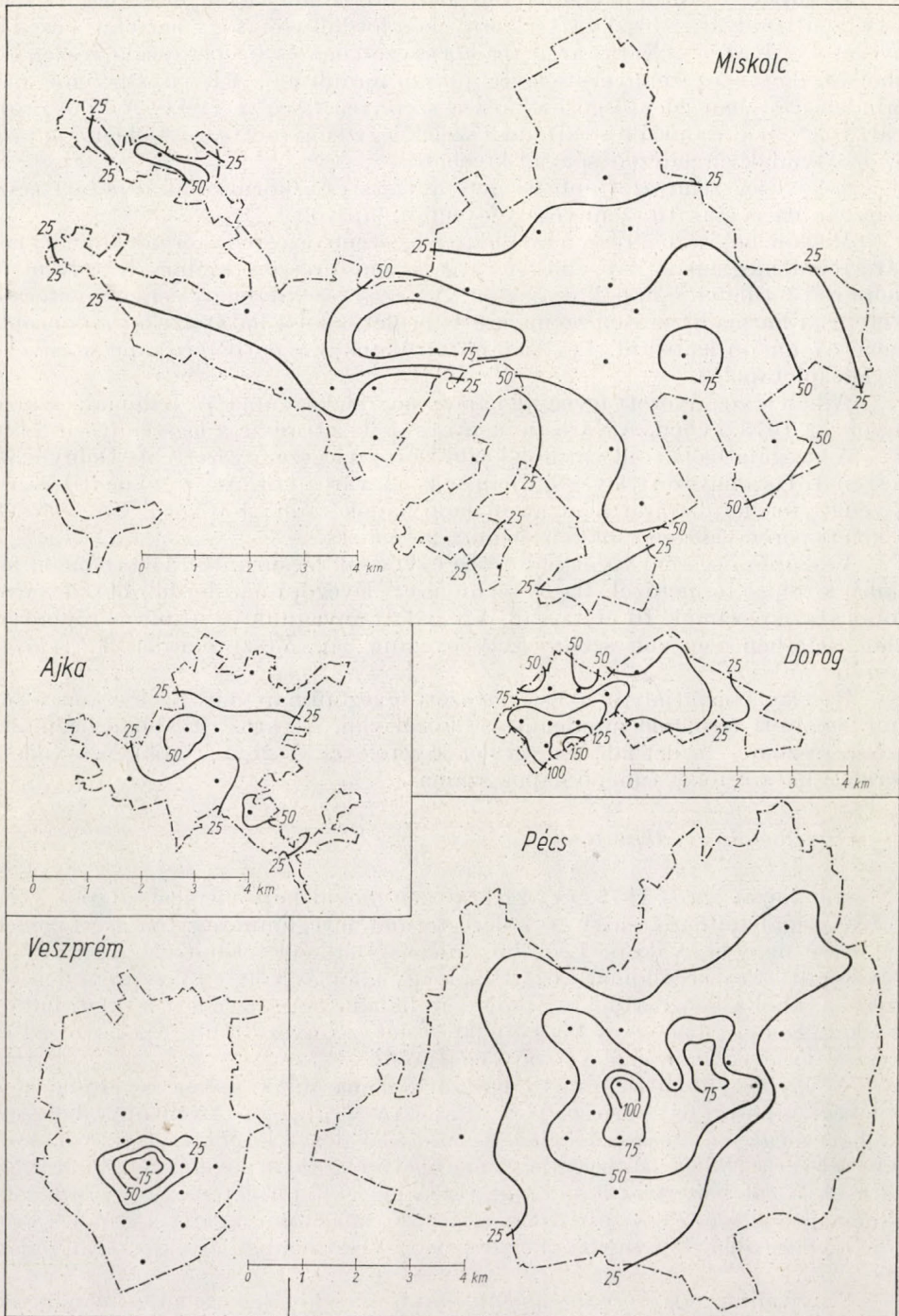
A levegőminőségi adatok analizéséhez felhasználtuk az érintett települések már korábban meghatározott alapterhelésének területi megoszlását [5]. A területi források alapterhelését a városok emisszió-kataszterének felhasználásával a stabilis légrétegződés és a gyenge szélesebesség esetére — az emisszió és az immisszió közötti, Gifford — Hanna-féle összefüggés alapján számítottuk.

Eredmények

A városok levegőminőségének a fentiekben ismertetett szempontok szerint analizált jelenlegi helyzetét az 1—2. ábrán mutatjuk be. Az izovonalak azokat a pontokat kötik össze, amelyeken a megengedett koncentrációt a kén-dioxid szennyeződés azonos gyakorisággal [nap/év] lépte túl.



1. ábra: Szennyezett levegőjű napok száma 1975-ben (a kén-dioxid koncentráció napi átlaga nagyobb mint $0,15 \text{ mg/m}^3$)



2. ábra: Szennyezett levegőjű napok száma 1975-ben (a kén-dioxid koncentráció napi átlaga nagyobb mint 0,15 mg/m³)

Budapesten legtöbb szennyezett nap (91) Buda sűrűn beépített részén, a Déli pályaudvar – Moszkva tér környékén fordult elő. Nagymértékű a szennyezettség Pesten a Nagyvárad tér környezetében és Csepel északi részén is, ahol 78, illetve 75 szennyezett levegőjű nap fordult elő. A főváros pereme felé minden irányban jelentősen csökken a szennyezettség mértéke. A Pilisvörösvári völgyön átáramló erős turbulens szelek légszennyezettség-csökkentő hatása az izovonalak elrendeződésén jól kivehető.

Szeged legszennyezettebb területe a Tisza és a körutak által bezárt rész, azonban itt is csak 10 szennyezett levegőjű nap volt.

Miskolc hejőcsabai részén található a legszennyezettebb terület, ahol 93 határértéket meghaladó nap volt. A város középső részén, a Marx Károly úttól délre eső területen e napok száma 84. A város északnyugati peremén elterülő Pereces a harmadik erősen szennyezett terület, ahol a határértéket a koncentráció 57 napon lépte túl. Legtisztább területek a Szentpéteri kapu környéke és Miskolctapolca.

Ajkán a szennyezett levegőjű napok maximális száma 57, minimális száma 5 volt az 1975. évben. A város nyugati és délkeleti része a legszennyezettebb.

A vizsgálatba bevont városok közül Dorog a legszennyezettebb. Délnyugati részén 161 szennyezett levegőjű nap volt. A város középső és nyugati részén a védett területi határértéket meghaladó napok száma 100 körül van, és csak a keleti peremvidéken csökken számuk 25 alá.

Veszprém legszennyezettebb része egybeesik legsűrűbben lakott (5200 fő/km²) középső területével. Itt 80 szennyezett levegőjű nap fordult elő. A város többi részén számuk 10 alatt van. Vizsgálati anyagunk egyedüli mérőpontja, ahol 1975-ben nem volt szennyezett levegőjű nap, Veszprém déli, kertvárosi részén van.

Pécs középpontjában 102 szennyezett levegőjű nap volt. Ezek száma a sűrűn beépített területen mindenütt 50 körül van. A város ritkábban beépített szélső részein – a dél felé eső terület kivételével – 25 alá csökken a védett területi határértéket túllépő napok száma.

Összefoglaló következtetések

Hét hazai város 1975. évi 24 órás kén-dioxid koncentráció adatait vizsgálva megállapítható, hogy a védett terület levegőminőségi határértékének túllépése nagyon gyakori. Legtöbb túllépés Dorogon fordult elő, 161 napon. A vizsgált 124 mérőállomás között csak egy állomás volt – Veszprém déli részén –, ahol a koncentráció egyszer sem haladta meg a védett területi határértéket. Dorog, Miskolc és Pécs Budapestnél szennyezettebb, Ajka, Szeged és Veszprém levegőminősége a fővárosénál jobb.

A jelenlegi immiszió-mérő hálózat állomásainak száma és elrendezése a levegőminőség feltárása céljára általában megfelelő. Azonban a helyzetanalízis megkönnyítése érdekében az állomáshálózat kisebb mértékű módosítása célszerűnek látszik. Szegeden a mérőhelyek számát növelni kell. A vizsgált városok közül, belterületükön kívül, tiszta levegőjű területen egy-egy kontrollállomás létesítése szükséges: Ajkán a városközponttól nyugati irányban, Dorogon és Szegeden délnyugati, Pécsen déli, Veszprémben pedig északnyugati irányban.

Úgy véljük, hogy eredményeink újabb adalékokat jelentenek a települések szennyezettségének feltárásához, s emellett támpontként szolgálhatnak az

immisszió-mérő hálózat célszerű módosításához, bővítéséhez. Mint említettük, immisszió-mérések 32 városunkban, összesen 470 állomáson folynak. Jelen tanulmányunkban 7 város mérőhálózatának anyagát elemezhettük. Célszerűnek tartjuk, hogy valamennyi településre vonatkozóan, ahol ilyen mérőhálózat működik, kerüljön sor hasonló értékelésre.

IRODALOM

- [1] Az Országos Immisszió-mérő hálózat szervezeti és működési szabályzata. Budapest, 1976
 - [2] Immissziómérések légszennyeződésmeteorológiai vonatkozásai. Szakvélemény, készült az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium Építésügyi Igazgatási Főosztály megbízásából a Központi Légtérfizikai Intézet Légszennyeződési Osztályán. Budapest, 1973 március.
 - [3] Az Országos Immisszió-mérő hálózat távlati terveinek kimunkálása, és az első ütem részletes előkészítése. Készült az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium megbízásából. Készítette az Országos Közegészségügyi Intézet Levegőegészségügyi osztálya. Budapest, 1973.
 - [4] A Minisztertanács 1/1973. (I. 9.) sz. rendelete a levegő tisztaságának védelméről.
 - [5] Települések kén-dioxid alapterhelésének meghatározása. Szakvélemény, készült az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium Építésügyi Igazgatási Főosztály megbízásából a Központi Légtérfizikai Intézet Levegőkörnyezet Kutató Főosztályán. Budapest, 1974 június.
-

A légkör ózontartalmának és a sztratoszféra hőmérsékletének változásai

BORBÉLY EDIT, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

Variations in the Temperature of the Stratosphere and the Ozone Content of the Atmosphere.

The connection between the variation of the total ozone content and the temperature of the individual layers of the atmosphere is dealt with. The height difference between the 200 mb and 10 mb level is divided into 8 layers and the correlation coefficients and regression straight lines between the two variants are calculated. The correlation coefficients are always positive meaning that together with the increasing temperature total ozone content is also increasing. The connection is closer during the winter months in the upper layers and during the other parts of the year in the lower ones. This difference can be explained by the stratospheric warmings occurring exclusively in winter.

*

Изменения содержания озона в атмосфере и температуры стратосферы.

Рассматривается связь изменений суммарного содержания озона в стратосфере с изменениями температуры отдельных слоев атмосферы. Интервал высот от 200 мб до 10 мб был подразделен на 8 слоев и были подсчитаны коэффициенты корреляции двух указанных переменных, а также регрессионные прямые. Коэффициент корреляции получается всегда положительным, т. е. с повышением температуры повышается и суммарное содержание озона. В зимних месяцах обнаруженная связь оказывается более тесной в верхних слоях, а в остальной части года — в нижних слоях. Такое отклонение отражается и в угловых коэффициентах регрессионных прямых и оно объясняется стратосферными потеплениями, имеющими место исключительно только зимой.

*

Az ózonkutatások kezdeti korszakától napjainkig igen sok meteorológus foglalkozott az ózontartalom és a hőmérséklet közötti kapcsolattal. Az ózon erős abszorbeáló képessége miatt az összefüggés joggal feltételezhető, hiszen az ultraviola sugárzás nagy részét majdnem teljesen az ózon nyeli el, de a látható és az ultravörös tartományban is vannak jelentékeny erősségű abszorpciós sávjai.

Ezen okok miatt gondoltak a kutatók elsősorban arra, hogy a sztratoszféra valamely szintjén kialakuló hőmérséklet és a teljes ózontartalom között kell bizonyos összefüggésnek lennie. *Ch. Normand* (1951) a 250, 200, 150, 100, valamint a 70 mb-os szintek hőmérsékletei és a teljes ózontartalom értékei között számított korrelációt. Ezek igen változók voltak, még ugyanazon a szinten is különböztek az egyes periódusokban; jóllehet az egyes időszakok között évszabbeli különbség sem volt. *G.M.B. Dobson* (1927), *A.R. Meetham* (1937), valamint *G. Öhring* és *H.S. Muench* (1960) is hasonló eredményekre jutott. Utóbbiak több állomás adatait használva föl, az 50°N földrajzi szélesség közelében kapták a legszorosabb korrelációt a 100 mb-os szint hőmérséklete és a teljes ózontartalom között. Meg kell említenünk még *H. Johansen* (1954), *K. Allington*, *B.W. Boville* és *F.K. Hare* (1960) vizsgálatait is, akik a troposzférában negatív, a 100 és 25 mb-os szint közötti rétegre pedig +0,25 és +0,73 közötti korrelációs együtthatókat kaptak.

Sokkal nagyobb mértékű kapcsolat mutatkozik a két időjárási jelenség között a gyors sztratoszférikus fölmelegedések idején. *H.U. Dütsch* 1958 folyamán markáns változásokat talált 23 és 25 km között az ózon vertikális eloszlásában, amelynek értéke a normál érték 30–50%-a volt (*H.U. Dütsch*, 1962).

Saját/vizsgálatainkban szintén szoros kapcsolatot állapítottunk meg az 1972. év januári és februári sztratoszférikus fölmelegedés ideje alatt a 10, 20 és a 30 mb-os szintek hőmérséklete és a teljes ózontartalom között (*Borbély, 1975*).

Fentiekből levonható az a következtetés, hogy az ózon és a hőmérséklet között statisztikailag van ugyan némi kapcsolat, folyamatosan fennálló és szoros összefüggésről azonban nem beszélhetünk. Bizonyosága ennek az a tény is, hogy a hőmérsékletnek és az ózonnak egymástól eltérő az évi menete. A hőmérséklet nyári maximumával és téli minimumával szemben az ózonnak a sztratoszférában téli-tavaszi maximuma és őszi minimuma van. Ezt az évszakos menetet nemcsak a sugárzás, ill. a fotokémiai effektusok irányítják, hanem a légköri cirkuláció és a vertikális cserefolyamatok együttes hatása alakítja ki. Télen ugyanis a cirkuláció az ózont az alacsony szélességek felső sztratoszférájából a közepes és magas szélességek alsó sztratoszférájába szállítja. A légkörnek ebben a régiójában az ózonfelbomlás minimális, mert az ózon molekulákat sem fotokémiai disszociáció, sem kémiai felbomlás nem veszélyezteti. Az ózon mennyisége tehát a tél folyamán a közepes és magas szélességeken fokozatosan növekszik. Közben új ózonnolekulák is keletkeznek, így ezen a területen az ózon nagymértékben felhalmozódik. Következésképpen a késő téli, ill. kora tavaszi hónapokban a teljes ózontartalom maximumához ér. Az év többi részében az ózon mennyisége fokozatosan csökken. Ez egyrészt a meridionális cirkuláció gyengülése folytán, másrészt a vertikális cserefolyamatok erősödése révén következik be. Az ózon ugyanis a magasabb rétegekbe kerülve fotokémiai, az alacsonyabb rétegekbe süllyedve pedig kémiai úton felbomlik. A nyári időszaktól kezdve tehát csökken az ózon mennyisége és így az őszi hónapokban alakul ki a minimum.

A légkör e két paraméterének eltérő évszakos változása miatt nem a hőmérséklet és ózon kapcsolatát, hanem a hőmérsékletnek és az ózonnak a *változását* tárgyaljuk. Pontosabban arra kívánunk választ kapni, hogy a hőmérséklet bizonyos irányban történő változásával a teljes ózontartalomnak azonos, vagy ellentétes irányú változása következik-e be: valamint melyek azok a magasságok, ahol szorosabb ez a kapcsolat, és melyek azok, ahol gyengébb? Feldolgozásunk tehát annyiban különbözik az irodalomban eddig ismertektől, hogy nem a hőmérsékleti és ózonértékek, hanem ezeknek a változásai szerepelnek kiinduló adatokként.

Az adatokat kéthavonkénti gyűjtésben vettük figyelembe, azaz a 2 havi közepes értékek és a napi középértékek közötti eltérések szolgálták a számítások alapjául, mind az ózonnál, mind a hőmérsékletnél. Feldolgozásunkban a budapesti rádiószondás mérések és a budapesti ózommérések szerepelnek, az 1970–72-ig terjedő 3 évi időszakból. A hőmérsékleti adatokat nem az egyes szintekből vettük, hanem a 2 szint relatív geopotenciális értékéből réteghőmérsékletet állapítottunk meg. Ez pontosabban megadja a réteg közéghőmérsékletét, mint ha csupán az egyes szintek hőmérsékletét vettük volna figyelembe. Így módon a sztratoszféra 8 rétegét választottuk ki (*I. táblázat*).

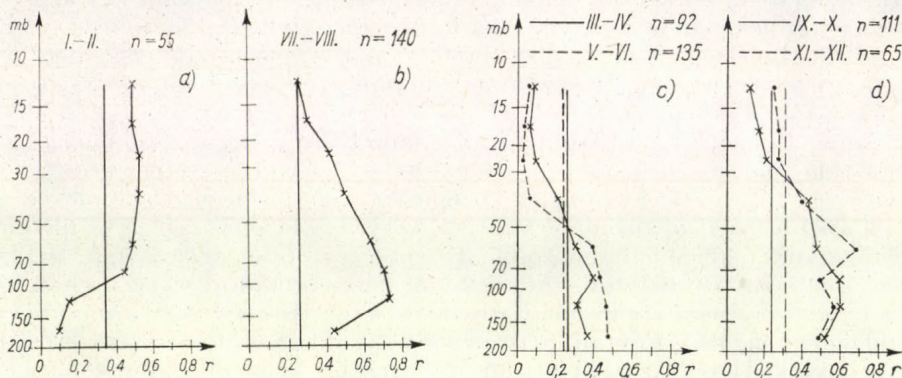
I. TÁBLÁZAT

A nyolc sztratoszféra-réteg kiterjedése mb-ban és km-ben

mb	200–150	150–100	100–70	70–50	50–30	30–20	20–15	15–10
km	12–14	14–16	16–18	18–20	20–24	24–27	27–28	28–30

A réteghőmérsékletek és a teljes ózontartalom közötti korrelációs koefficienseket az *I. ábránk* mutatja be. Az *a)* és *b)* a téli, ill. nyári helyzetet, a *c)* és

d) pedig az átmeneti időszakokat reprezentálja. Első megállapításunk, hogy a korrelációs együtthatók mindig pozitív előjelűek, vagyis a hőmérséklet pozitív irányú változása (melegedés) esetén a teljes ózontartalom is növekszik. Ellenértés kapcsolat egyik réteg esetében sincs. Következő megállapításunk az, hogy a téli (január, február) korrelációs koefficiensek nagyon is eltérnek a többi hónapok értékeitől. Az alsó sztratoszférában a 100 és 200 mb-os szintek között igen alacsony a korreláció: 0,08 és 0,13. Felette azonban hirtelen növekedés látható, és az 50–20 mb-ig terjedő rétegben éri el a maximumot 0,52 értékkel,



1. ábra: Korrelációs koefficiensek a teljes ózontartalomnak és az egyes légrétegek hőmérsékletének változása között. A függőleges egyenesek az 1%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus „r” értékek

s ehhez az értékhez egészen a 10 mb-os magasságig közel marad. Az ok valószínűleg a sztratoszférikus fölmelegedések megjelenése, amelyek általában január és február folyamán leggyakoribbak. A téli hónapokban tehát a magasabb szinteken mutatkozó erősebb korreláció a sztratoszférikus fölmelegedés és a teljes ózontartalom változása közötti összefüggést látszik igazolni.

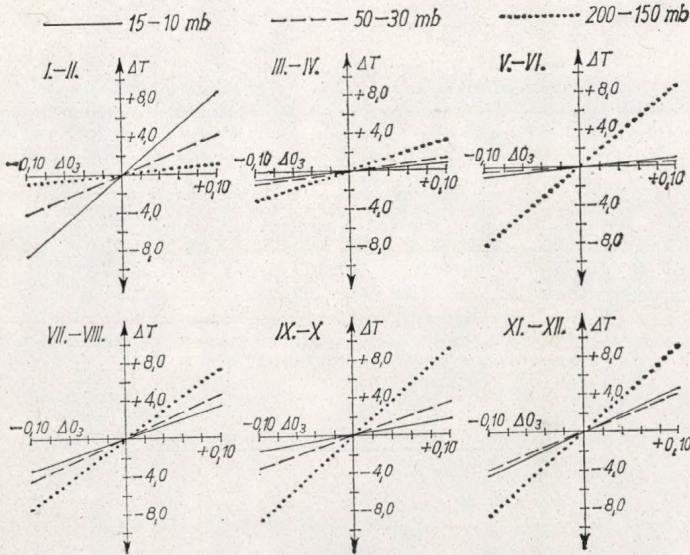
Meghatároztuk a korrelációs együtthatók szignifikanciáját is, amelyet 1. ábránk függőleges vonallal jelöl. Ez az 1%-os valószínűségi szinthez tartozó kritikus érték, az ennél nagyobb korrelációs együtthatók szignifikánsak, a kisebbek azonban nem. Télen a 200 és 100 mb közötti rétegben találunk a kritikus érték alatti koefficienseket, a többi korrelációs együttható azonban az 1%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

A nyári hónapokban az előbbtől teljesen eltérő az eredmény. A 200–150 mb-ig terjedő rétegben kicsiny a korrelációs együttható. Ez a réteg a tropopauza ingadozása miatt zavartnak tekinthető. A 150–100 mb-ig terjedő rétegben éri el a maximumot (0,73), attól fölfelé fokozatosan csökken 0,25-ig. A korrelációs együtthatók az 1%-os valószínűségi szinten minden magassági zónában szignifikánsak.

Az átmeneti időszakokban csak a korrelációs együttható nagyságában vannak különbségek. A görbék menete nagyjából azonos. Az 1/c. ábrán a folytonos görbével és a folytonos függélyes egyenessel a március–áprilist, a szaggatott görbével és a szaggatott függélyes egyenessel pedig a május–júniust jelöltük. Tavasszal a korrelációs együttható maximális értéke 0,47, amely a 200 és 150 mb közötti rétegben található. Az 50 mb alatti rétegekben a korrelációs koefficiensek szignifikánsak, a magasabb rétegekben viszont nem.

Az őszi hónapokban (1/d. ábra) hasonló a helyzet a tavaszihoz, a maximális korrelációs együttható azonban valamivel nagyobb értékű, 0,68. A 30 mb-os szint alatt a korrelációs együtthatók szignifikánsak, a magasabb rétegekben nem.

Mint hogy a korrelációs koefficiens csak a két változó közötti kapcsolatot szorosságáról tájékoztat, a regressziós együttható pedig azt fejezi ki, hogy az egyik változó növekedése, ill. csökkenése bizonyos egységgel, hány egységnyi növekedést vagy csökkenést okoz a másik változó esetében, anyagunkat ilyen



2. ábra: Regressziós egyenesek a teljes ózontartalom és a hőmérséklet változása között, három kiválasztott légrétegben. A folyamos vonal a 15–10 mb, a szaggatott az 50–30 mb, a pontozott pedig a 200–150 mb közötti réteg regressziós egyenesét jelöli

szempontból is vizsgálat alá vettük. Kiszámítottuk a regressziós egyeneseket, s a nyert 48-ból az egyes hónap-párokban az alacsony, közepes és magasabb rétegekre jellemző 3–3 egyenest mutatjuk be (2. ábra). Szembetűnő, hogy a téli évszakban a többi időszakhoz képest mily eltérő a helyzet. A magasabb rétegek regressziós egyenesese télen sokkal meredekebb, mint az alacsonyabb rétegeké, az év többi részében pedig éppen ennek a fordítottja látható. Ez azt jelenti, hogy meghatározott nagyságú ózonváltozás télen a magasabb rétegekben, az év többi részében pedig az alacsonyabb rétegekben kapcsolódik nagyobb hőmérsékletváltozással és fordítva. Ennek a magyarázatát ugyancsak a sztratoszférikus felmelegedésben találhatjuk meg, mert a hőmérséklet nagymértékű emelkedései ezekben az időszakokban és éppen a magasabb szinteken, a 10–30 mb közötti rétegekben, sőt még magasabban történnek.

Eredményeinket összegezve tehát megállapíthatjuk a következőket:

1. A teljes ózontartalomnak és a sztratoszféra hőmérsékletének a változása egyirányú, azaz minden esetben pozitív a korreláció, s ezt a regressziós számítások is alátámasztják.

2. A téli hónapok kivételével egész évben az alsóbb szinteken erősebb a kapcsolat, a magasabb rétegekben gyengébb.

3. Az 1%-os valószínűségi szinthez viszonyítva a korrelációs koefficiensek télen a magasabb rétegekben, nyáron minden szintben, tavasszal az 50 mb, ősszel pedig a 30 mb-os szint alatti rétegekben szignifikánsak.

Az ózonszondás mérések kiterjesztésével lehetővé válik az ózonkoncentráció és a hőmérséklet közötti kapcsolatok vizsgálata is mind statisztikailag, mind egyedileg. A konkrét helyzetek elemzése ezeket a kapcsolatokat még tisztábban mutathatja majd meg.

IRODALOM

- [1] Allington, K., Boville, B. W. and Hare, F. K. (1960): Midwinter ozone variations and stratospheric flow over Canada 1958–1959. *Tellus*, **12**, 266–271.
 - [2] Borbély, E. (1975): Sztratoszférikus háborgások 1972 telén, *Időjárás*. **79**, 4. 220–231.
 - [3] Dobson, G. M. B. et al. (1927): Measurements of the Amount of Ozone in the Earth's Atm. and its Relation to other Geophysical Conditions, part II. *Proc. Roy. Soc.* **114**, 521–541.
 - [4] Dütsch, H. U. (1962): Ozone distribution and stratospheric temperature field over Europe during the sudden warming in January/February 1958. *Beitr. Phys. Atmos.* 1962/b. **35**, 87–107.
 - [5] Johansen, H. (1954): Variations in the Total Amount of Ozone over Tromsø and their Correlation with other Meteorological Elements. *Geofys. Publ.* XIX. N^o 5. 310–318.
 - [6] Meetham, A. R. (1937): The correlation of the Amount of Ozone with other Characteristics of the Atmosphere. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **63**, 289–307.
 - [7] Normand, S. Ch. (1951): Some Recent Work on Ozone. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **77**, 474–478.
 - [8] Ohring, G. and Muench, H. S. (1960): Relationships between Ozone and Meteorological Parameters in the Lower Stratosphere. *J. Meteor.* **17**, 195–206.
-

A New Method for the Determination of the Transitional Speed of the Atmospheric Fronts

PHAM VU ANH, *Hungarian Meteorological Service, Budapest*

A légköri frontok áthelyeződési sebességének újabb meghatározása. A függőleges és a frontra merőleges síkban felírt kontinuitási egyenlet integrálása alapján a szerző a frontfelület pontjainak pillanatnyi sebességét meghatározó módszert dolgozott ki. Eredménye szerint a szabadlégkörben a frontfelület bármely pontjának pillanatnyi sebessége egyenlő a pont alatti hideg légoszlop normális mozgásmennyiségének és tömegének hányadosával. A szerző ezt a sebességet „kinematikai sebességnek” nevezi. A súrlódási határ-rétegben gyakorlati célból a front igen bonyolult elmozdulásának leírására a szerző javasolja az „effektív sebesség” fogalmának bevezetését. Ez annak az elképzelt, stacionáriusan és translációosan mozgó frontfelületnek a sebessége, amellyel a valóságban történő mozgás helyettesíthető. Ugyanakkor bebizonyítja, hogy – megközelítően – a front effektív sebessége egyenlő a normális szélösszetevő integrálásával, a hideg légnyelv elülső részén álló, a frontfelület és a súrlódási határ-réteg felső határának metszéspontja alatti légoszlopban.

*

Новый способ определения скорости перемещения атмосферных фронтов. На основании интегрирования уравнения неразрывности для вертикальной и нормальной к фронту плоскостей автором разработан метод для определения мгновенной скорости точек поверхности фронта. Полученные результаты показывают, что в свободной атмосфере мгновенная скорость любой точки поверхности фронта равна частному от деления нормального количества движения столба холодного воздуха под данной точкой на его массу. Эта скорость названа автором «кинематической скоростью». Для описания в практических целях весьма сложного смещения фронта в пограничном слое трения, автор предлагает ввести понятие «эффективной скорости». Это — скорость условной, стационарно и трансляционно перемещающейся поверхности фронта, на которую можно заменить происходящее реальное перемещение. Эффективная скорость фронта приблизительно равна интегралу нормальной составляющей ветра в столбе воздуха, в передней части языка холодного воздуха под точкой пересечения плоскости фронта с верхней границей пограничного слоя трения.

*

During the last 50 years many meteorologist examined the transitional speed of the fronts and their forecasts. Although there are many good results the problem is not yet solved thoroughly. In practice it may happen, when the methods used till now give dubious results. And the meteorologists have to give several times answers on questions similar to the following:

— Which role does the cold air or the warm one play in the displacement of fronts?

— Whether is there a connection between the front speed and the wind aloft?

For these questions the authors generally looked for statistical connections, e.g. one between the mean speed of the front during an interval and the meteorological elements existing at the beginning of the interval. The results gained by this way can be used directly in forecasting, but the comparison of asynchronous data and the statistical method cannot point to the physical essence of this connection. Therefore we were searching a theoretic method for the determination of the front speed at a given instant.

The speed of the fronts in the free atmosphere

H. H. Kalazhakov and L. N. Gutman [1] have shown (1964) that the value of the stream function is constant along the front surface in a vertical plane

which is perpendicular to the front. This value equals to zero if the front reaches the earth surface.

Although the authors did not aimed the enquiry of the front speed their theoretical results gave us an idea for the solution of the problem.

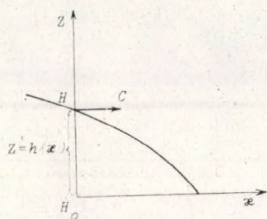


Fig. 1.

In a plane which is vertical and simultaneously normal to the front line the height of the front surface is a function of x : $z = h(x)$. Let us assume an arbitrary point on the front surface (H) which has a height of $h(x)$ and a momentary speed of $C_{h(x)}$. The continuity equation was written up in a co-ordinate system XZ which moved with a velocity of $C' = C_{h(x)}$.

$$\frac{\partial \rho(u-c)}{\partial x} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Since in the vicinity of the front the vertical circulation can reach a large height, the spatial changes of the density ρ must be taken in account. But for the sake of simplicity the process is assumed to be a stationary one, i.e. $\partial \rho / \partial t = 0$. If the equation (1) is integrated from 0 as far as $z = h(x)$ and taking into consideration that w_0 equals to 0 on the ground

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{h(x)} \rho(u-c) dz + \rho(w-w^*) = 0, \quad (2)$$

where w is the vertical velocity gained by all possible causes, e.g. by vergency, viscosity a.s.o., while w^* is the vertical velocity rising only from the vergency.

On the base of the results of *A.F. Dyubyuk* [2], *I. Bodolai* [3] and *J.E. Bodolai* [4] it can be declared the vergency raised vertical speed is dominant on the front surface. Therefore it can be assumed w equals to w^* . From this fact and from the equation (2) it follows

$$\int_0^{h(x)} \rho(u-c) dz = K, \quad (3)$$

where K is the integration constant. The value of K cannot be generally defined simply. But in the case of fronts reaching the ground it can be understood easily that $K = 0$, therefore

$$\int_0^{h(x)} \rho(u-c) dz = 0 \quad (4)$$

This expression is fixing the value of the normal component of the momentum belonging to cold air column equals to zero in a co-ordinate system moving with the speed of that point of the front surface which is lying on the top of the air column mentioned above.

From equation (4) it follows easily the formula

$$C_{h(x)} = \int_0^{h(x)} \rho u dz / \int_0^{h(x)} \rho dz, \quad (5)$$

which gives the momentary transitional speed of a point on the front surface. I.e. *in the free atmosphere the transitional speed of a certain point on the front surface equals to the quotient of the perpendicular momentum of the cold air column below that point and of the mass of the same.*

This theoretical result is stating that the horizontal speed of the front surface depends on the kinematic and thermodynamic structure of the cold air wedge.

The equ. (5) can be used on every type of fronts. If the axis X points toward the warm air, then

if $C > 0$, the front is a cold type one,
 $C = 0$, a stationary one,
 $C < 0$, a warm type one.

The air density appears in the numerator as well as in the denominator, further in both places within similar integrals and on the first power, therefore the density couldn't have a great influence on the front speed.

It must be taken into consideration that the density is continuous, its sign remains always positive, further it does not change essentially within the layer examined. Therefore it can be stated that as a first approximation

$$C_{h(x)} = \frac{1}{h(x)} \int_0^{h(x)} u \, dz. \quad (6)$$

Therefore *in the free atmosphere a certain point of the front surface has a momentary speed which equals to the intergrational mean of the normal wind components of the air column lying below that point.*

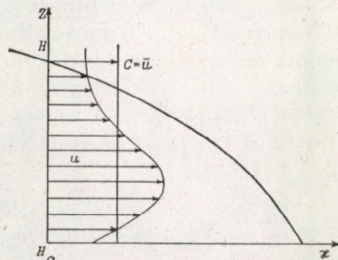


Fig. 2.

From this it can be understood that the kinematic structure of the cold air wedge is playing the leading part in the transition of the fronts independently from their types.

In the later the speed calculated by the form (5) or (6) is called the kinematic speed.

The front speed within the layer near the ground

If $z = h(x)$ trends to zero, the equation (5) will become simpler, because $c_0 = u_0$. This result agreed with this one gained by the classic kinematic method [7]. But this comes only into force, if there is no friction along the ground. But this assumption is, sorry to say, never satisfied. Therefore the formulas (5) and (6) cannot be used for the determination of front speed directly within the friction layer.

It is well known, that within the layer near the ground the front surface does not make a translational motion but a very complicated one because of

the air mixing caused by the ground friction and thermodynamic instability there may exist more front surfaces one after the other, one dissipates, the other is developing and this mechanism results a jump-like progression.

Therefore within this layer the real progression of the front cannot be described by the aid of kinematic speed. For practical aim we presumed an effective speed. This is the speed of an imaginary front surface which moves stationary and translatic within the friction layer and the original jump-like displacement can be replaced by its progression. Since the front near the ground always trends to overtake the front surface advancing over the friction layer the front speed experienced on the top of this layer determines the speed of the front line on the ground.

Therefore the kinematic speed on the upper limit of the friction layer can be assumed as the above-mentioned effective speed.

From these considerations it can be deducted that

$$C_0 = C_{\bar{h}(x)} = \frac{1}{\bar{h}(x)} \int_0^{\bar{h}(x)} u \, dz, \quad (7)$$

where C_0 is the speed of the frontline near the ground, $C_{\bar{h}(x)}$ is the same on the top of the friction layer, $\bar{h}(x)$ is the thickness of the friction layer.

So the displacement speed of the front near the ground equals to the integrational mean of the normal wind components in the front part of the cold wedge below the cutting point of the upper limit of the friction layer and the front surface.

L. S. Minina and *Pham Duy Le* reached approximately the same results. *Minina* examining a hundred of cold fronts penetrated into the European part of the Soviet Union found a good connection between the front speed and the normal component existing on the 850 mb surface behind the front surface i.e. in the cold air [5]. *Pham Duy Le* considered thirty cold fronts existing in the Carpathian basin and found a statistical connection between the front speed and the kinematic structure of the air column within the front part of the cold wedge [6].

The theory given by us are verified these statements moreover it has shown the physical connection too.

The practical importance of the theory

The results mentioned above can be used in practice too if such vertical cross-sections are prepared on which they are sounding-stations in dense network enough. In this work the followings have to be taken into consideration too.

1) The thickness of the friction layer: it is easy to understand taking into account the physical facts, that this thickness is not only the function of the state of ground, but it is a complicate function of the kinematic and thermodynamic structure of the cold wedge. However the upper limit of this layer is easy to assign in practice along the frontal surface by the help of the investigation of the kinematic speed.

The upper limit of the friction layer—in our use—is that level which is not far from the ground and starting from which the calculated front speed decreases faster toward the ground than within the layer lying directly above this level.

2) The determination of front surface. During the last years in similar examinations the front surfaces are assigned mostly on the base of the analysis

of the frontal shear layer, because this method marks the limit of the cold air mass and of the warm one with great accuracy. Together with this it is necessary to analyse of the equivalent potential temperature field too. By the crowding of the Θ_e isolines it is easier to distinguish the frontal shear layer from ones of other types. The upper limit of the frontal zone is regarded as the front surface.

3) The use of the equ. (6) is easier and faster, but the equ. (5) is also very useful, if it is wanted to analyse not only the front speed, but other factors too, e.g. the flow patterns in the vicinity of fronts. For the sake to have more data for the practice the data of soundings have to be taken into account as well as the data gained by pilot measurements.

In the interest that the data gained by pilot measurements can be used too, the equation (5) has to be changed.

The following formula can be derivated starting from the state-equation by using a static approximation

$$\frac{d \varrho}{\varrho} = - \frac{g}{R T} dz - \frac{d T}{T} \quad (8)$$

Let us assume further the atmosphere is polytropic ($\gamma = \text{constant}$). Then it follows from equ. (8) with first approximation

$$\varrho_z = \varrho_0 l^{-\sigma z}$$

where $\sigma = (g - R\gamma)/RT_0$ and T_0 is the temperatur (K°) near the ground.

TABLE I.

t_0	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
$\gamma = 1$	0,095	0,094	0,092	0,090	0,089	0,087	0,086	0,084	0,083	0,081	0,080	0,079
$\gamma = 0,6$	0,111	0,109	0,107	0,105	0,103	0,101	0,100	0,098	0,096	0,095	0,093	0,092

In the *Table I.* there are shown the values of σ 's as the function of the temperature near the ground (centigrade) and the vertical temperature lapse rate (centigrade/100m).

By the approximation described above it follows

$$C_{h(x)} = \frac{\int_0^{h(x)} u e^{-\sigma z} dz}{e^{-\sigma h(x)} - 1} \quad (9)$$

The equation (9) can be used for pilot data too.

Summarizing our investigations elucidate not only some theoretic problems of the progression of the fronts, but it gives a new determination of the momentary front speed too. The analysis of the distribution of the speed along the front surface can make possible to set many interesting phenomena in proper light.

REFERENCES

- [1] X. X. Калайканов, Л. Н. Гутман: О динамической структуре фронтов. *Известия академий наук СССР. серия геофизическая* № I-1964.
- [2] А. Ф. Дюбюк: Вертикальные скорости, возникающие за счёт трения в област фронта. *Труды центра ин-та прогнозов* вып. 26/53/1951.
- [3] *Bodolai István*: A függőleges légmozgások formáiról. *Időjárás*, 1956. (60. évf.), 6. szám.
- [4] *Bodolainé Jakus E.*: Néhány megjegyzés a frontok és a csapadék kapcsolatáról. *Időjárás*, 1961. (65. évf.), 6. szám.
- [5] Л. С. Минина: О прогнозе перемещения холодного фронта. *Труды ЦНИИ. вып. 152. Гидрометеорологическое издательство*, Москва, 1966.
- [6] *Pham Duy Le*: A hidegfrontok áramlási szerkezetének és áthelyeződésének kapcsolatáról. *Kandidátusi értekezés*. Budapest, 1970.
- [7] С. П. Хромов: Основы синоптической метеорологии. *Гирометеоиздат*, Ленинград, 1948.

Anthropogenic Modification of the Temperature Profile in the Planetary Boundary Layer

ZS. IVÁNYI, *Institute for Atmospheric Physics, Budapest*

A planetáris határréteg keveredési viszonyainak antropogén módosulása. A szerző a város felett módosuló határréteg vastagságára vonatkozó számításait ismerteti. Meghatározza az éjszakai (minimális) keveredési rétegvastagság értékét és az inverzió-alap magasságának napi menetét. Hosszú időre vonatkozó hőmérsékleti adatsor, valamint a számítások eredményeinek felhasználásával kül- és belterületi átlagos vertikális hőmérsékleti profilok napi menetét állítja elő Budapestre vonatkozóan.

*

Изменение условий перемешивания в планетарном пограничном слое в результате антропогенного воздействия. Описывается метод подсчета толщины пограничного слоя атмосферы, над городом. Определяются величины ночной (минимальной) толщины слоя перемешивания, а также суточный ход нижней границы инверсионного слоя. С использованием длинного ряда температурных данных, а также результатов вычислений, автором был определен суточный ход вертикальных профилей средней температуры для центральных и загородных районов Будапешта.

*

The planetary boundary layer (PBL) is a surface-layer of 500–1000 m depth of the atmosphere, where the motion of the air is highly affected by the surface-friction.

There are intensive exchange-motions in the PBL (turbulent heat-, humidity – and momentum-transport), which are characterized by a varying shear-stress and wind-profile. The depth of the boundary layer and the vertical distribution of the meteorological parameters are modified by the microclimate of the cities.

The purpose of this paper is to characterize the boundary layer or mixing depth modified by the city of Budapest.

The characteristics of the Urban Boundary Layer

The main characteristic features of the urban boundary layer (UBL) are the following:

1) The surface temperature is many times higher in a city than in the suburban area.

2) The air is less stable over the city than in the suburban region. The thermal stratification over the city is generally near adiabatic.

3) An elevated inversion can often be observed over cities, the base of the inversion is situated at the top of the adiabatic mixing layer.

4) In the case of certain conditions it occurs, that the air temperature over the city is lower, than over the suburban area at the same height. This is the cross-over effect.

Each of these features can mainly be observed during the nocturnal and early morning hours. The urban heat-island and the near adiabatic lapse-rate are caused by the long-wave radiation emitted by the suburban surface and the intensive turbulent heat transport due to the anthropogenic heat over the city.

The intensity of the heat-island has a maximum at sunrise, because at this time the rate of the suburban surface temperature decrease is the greatest. The intensity of the heat-island is varying with the increasing of downwind distance. The mixing layer starts developing in the suburb and its depth is increasing as the air moves to the city-centre.

The intensity of the heat-island is decreasing with the increasing of the height. In the case of slight wind and strong upwind inversion the cross-over effect can at a given height also be formed. The temperature over the suburban area is increasing with the height, because there is a strong inversion there. Since the temperature over the city is decreasing with the height, at a certain height the temperature is lower over the city than over the suburban region.

Models for the characterization of the UBL

The observations have shown, that in most of the cases the convective unstable UBL is capped by a non-turbulent, stable layer. The depth of the convective layer during the night can approximately be considered steady-state. This state is described by the thermal models, which are based on the energy-excess of the urban surface in relation to the suburban surface. After sunrise, when the insolation has already started, the inversion base and thereby also the depth of the mixing layer is increasing. The diurnal variation of the height of the inversion base is estimated by the dynamical models.

The principle of the thermal models is as follows: There is a strong, ground-based inversion in the upwind suburban area. The wind velocity is assumed to be constant in space and time. The air flowing from the suburban region over the city is heated by the anthropogenic heat. This energy-excess forms the UBL. The depth of the nocturnal mixing layer suggested by *Summers* [6] can be expressed by the following equation:

$$h_x^2 = \frac{2 \int_0^x Q_x dx}{\rho \cdot c_p \cdot \alpha \cdot u}$$

x [m]:	distance from the upwind edge of the studied area,
h_x [m]:	depth of mixing layer as a function of the distance,
Q_x [kcal·m ⁻² ·sec ⁻¹]:	anthropogenic heat as a function of the distance,
α [C°(100 m) ⁻¹]:	difference between the adiabatic and suburban lapse rate,
u [m sec ⁻¹]:	wind velocity over the city,
ρ [kg m ⁻³]:	density of dry air,
c_p [kcal·kg ⁻¹ ·C° ⁻¹]:	specific heat at constant pressure.

The *Summers*-model was modified by *Leahey* and *Friend* [1]. It was assumed, that only part of the anthropogenic heat was to heat the air in the UBL. Taking into account the effect of certain heat-sinks, the model can be expressed in the following way:

$$Q_s = Q_x - Q_{sc} - \sigma |T_x^4 - T_0^4|$$

Q_s :	the energy-excess of the city in relation to the suburban region,
Q_x :	anthropogenic heat,
$Q_{sc} = \rho \cdot c_p \cdot K \cdot \alpha$:	the quantity of heat lost by the stable air-layer, K : turbulent exchange coefficient,

$\sigma |T_x^4 - T_o^4|$: difference between the long-wave radiation of the urban and suburban and surface,
 T_x : urban surface temperature as a function of the distance,
 T_o : suburban surface temperature,
 σ : Stefan—Boltzmann constant.

On the basis of these models some calculations were carried out using the long-term average data of the Central Institute of Meteorology (KMI, Budapest II., Kitaibel Pál u. 1.) which represents a densely built urban area.

The wind data were derived from the Climatological Yearbooks [2], the average suburban lapse rates from *B. Bell's* investigations [3], the value of anthropogenic heat from *F. Probáld* [4], the seasonal values of the turbulent exchange coefficient from some foreign authors [5], [6], [7]. The results of the calculations are presented in *Table I*.

TABLE I.

	Q_x	Q_{sc}	$\sigma T_x^4 - T_s^4 $	h_1	h_2
Spring	9,4	1,69	0,95	104	87
Summer	7,6	1,39	0,41	93	85
Autumn	9,7	1,86	0,54	100	88
Winter	13,8	2,32	1,63	110	91

h_1 : depth of the nocturnal UBL calculated by *Summers'* model

h_2 : depth of the nocturnal UBL calculated by *Leahey's and Friend's* model.

In both cases the depth of the mixing layer is the highest in winter and the lowest in summer. The modified model tends to homogenize the seasonal variation of the depth of the UBL. Comparing the values of the same season there is not a great difference between the two models. However we must not forget, that average data were used. It can be expected, that in individual cases — when there is a strong inversion and mainly in summer, when the value of the anthropogenic heat is very low —, the depth of the mixing layer is considerably decreased due to the effect of the heat-sinks. In conclusion, the modified model is to be applied for the determination of the nocturnal UBL because it takes into account the energy-factors which have an important effect upon the whole process.

Using the modified model the nocturnal mixing depth has been determined over three sites of Budapest (Nagyvárad tér, Madách tér, Kitaibel P. u. (*Fig. 1*). The Institute for Atmospheric Physics (KLFI) was supposed to be a suburban area.

In summer at 6 a.m. over Nagyvárad tér the mixing layer has not yet been formed, in winter its value was below 50 m. Between Nagyvárad tér and Madách tér the depth of the UBL is rapidly increasing, because in this area the energybalance is mainly determined by the anthropogenic heat. Between Madách tér and Kitaibel P. u. the depth of the mixing layer is increasing, but the extent of the variation is smaller due to the decreased value of the anthropogenic heat. At every sites the mixing layer has a maximum in winter and a minimum in summer. There is not a great difference between the seasons. It can be explained by the seasonally different effect of the sinks. The value

of the anthropogenic heat is the highest in winter, but because of the very stable temperature stratification in the suburban area and the intensive heat-island effect the energy-loss is also high, which decreases the depth of the mixing layer.

The method described above takes into consideration, that the air flowing along the wind direction is heated in a different extent. The values calculated for Kitaibel P. u. 1. are higher than the data presented in *Table I*. The former method used an average value of anthropogenic heat and neglected the fact, that the stable air moving from the suburban region into the city-centre is getting more and more heated.

The models mentioned above give a method for the estimation of the nocturnal mixing depth over cities. How does the depth of the convective boundary layer vary during the day?

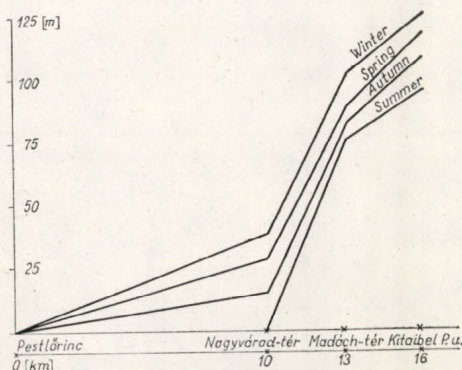


Fig. 1: The spatial variation of the nocturnal mixing depth over Budapest

The dynamical model developed by *Tennekes* [8] describes the diurnal variation of the height of the inversion base as a function of an initial inversion base height and inversion strength. The inversion strength is defined as the potential temperature difference through the inversion.

The development of the convective boundary layer is effected by two factors. One of them is the downward heat-flux at the inversion base. This process, by which the stable air is mixing with the developing convective boundary layer, is called entrainment. The other factor forming the boundary layer is the upward heat-flux due to the warming of the surface. As the UBL is heated by the surface during the day, the inversion base is increasing, while the inversion strength is decreasing. The equation describing the variation of the inversion base is the following:

$$h \Delta - h_0 \Delta_0 = \frac{1}{2} \gamma (h^2 - h_0^2) - \frac{1}{2} \frac{(\overline{\Theta w})_n}{\tau} \cdot t^2$$

where:

- | | |
|--|--|
| h [m]: | height of inversion base, |
| h_0 [m]: | initial height of inversion base, |
| Δ [K°]: | strength of inversion, |
| Δ_0 [K°]: | initial inversion strength, |
| γ [C°(100 m) ⁻¹]: | potential temperature gradient in the inversion layer, |
| $(\overline{\Theta w})_n$ [K° m sec ⁻¹]: | upward surface heat-flux at noon, |
| τ [sec]: | time scale of the increase of initial heat-flux. |

The convection with significant value of entrainment starts only at the time, when the greatest part of the initial inversion has already filled up.

The time needed for the filling up of the inversion is the following:

$$t = \left[\frac{2 \tau \Delta_0 h_0}{(\Theta w)_n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

The expression $\Delta_0 h_0$ can be determined in the following way:

$$\Delta_0 h_0 - \frac{1}{2} \gamma h_0^2 = \int_0^{z > h_0} (\Theta_a - \Theta)_{t=0} dz$$

where:

Θ_a : potential temperature at the inversion base.

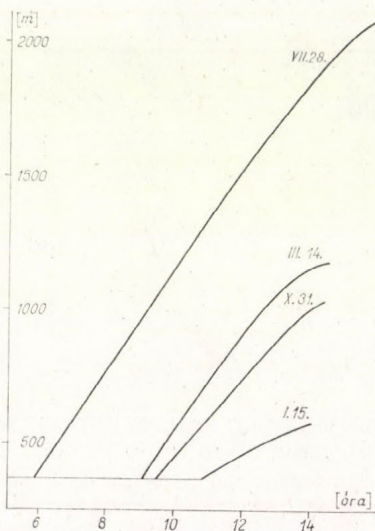


Fig. 2: The diurnal variation of the inversion base over Pécis

The convection starting after the complete filling up of the initial inversion has two phases:

If $t < \tau$ the variation of the height of the inversion base is a linear function of time:

$$h = \frac{7}{5} \cdot \left[\frac{(\Theta w)_n}{\gamma \tau} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot t$$

If $t > \tau$ the inversion base is varying with the square root of time:

$$h^2 = \frac{14}{5} \cdot \frac{(\Theta w)_n}{\gamma} \cdot t$$

On the basis of this model some calculations were undertaken using the data of Pécis and Budapest.

Hourly temperature values measured at four different levels over Pécis for one year (1974) were at our disposal. Since the highest measuring point was the TV-tower at the top of the Mecsek-hill (630 m), we could not follow the diurnal variation of the height of the inversion base. The times needed for the

filling up to the inversion have been compared. There was a difference of maximum 2 hours between the measured and calculated data, but in many cases a good agreement have been found.

The variations of the inversion base calculated for an average winter-, spring-, summer- and autumn-day are presented in *Fig. 2*. On the autumn-day (X. 31) the difference between the measured and calculated data is 2 hours, on the spring- (III. 24.) and summer- (VII. 28.) day it is 1 hour. On the winter-day (I. 15.) according to both the calculation and the measurement at the height of the TV-tower there was an inversion for the whole day. The time necessary for the filling up of the inversion is the longest in winter ($t=3,5$ hours) and the shortest in summer ($t=1,9$ hours).

Though our present purpose is to characterize the UBL, the data measured by radiosonde in a suburban area (KLFI) and the calculated heights of the inversion base have also been compared. Using the data of the 6 a.m. ascents the calculations have been carried out in cases, when the height of the inversion base was about several hundred m. The diurnal variation of the inversion base has been determined in a great number of cases and the values calculated for 12 a.m. have been compared to the data of the radiosounding at 12 a.m. In most of the cases there was a difference of 100–200 m. The maximum and minimum of the differences were 500 m and 50 m respective, we got both of them on a summer day. The difference was probably caused by the surface heat-flux, because this value can not be considered very exact.

The determination of the vertical temperature profile over Budapest

The thermal and dynamical models described above were used to determine seasonally the average diurnal variation of the urban temperature profile on the basis of the data of KMI. This station is situated in a densely built part of the city.

The following data were used:

- 1) Vertical temperature profiles measured by radiosonde in the suburban area (KLFI) at 0, 6, 12, 18 L.M.T. (1959–62).
- 2) Surface-temperature measured hourly in KMI (1956–65)
- 3) The calculated depth of the nocturnal UBL over KMI.
- 4) The diurnal variation of the height of inversion base over KMI calculated by the dynamical model.

The construction of the urban vertical temperature profiles was carried out in the following way:

1) Average temperature profiles have been determined on the basis of four-year data measured daily four times at 0, 6, 12, 18 L.M.T. over KLFI. These profiles have been interpolated for 3, 9, 15, 21 L.M.T.

2) On the basis of Summers' model the depth of the nocturnal boundary layer has been determined over KMI. By the help of the height of the inversion base, the minimum temperature at the urban surface and the value of the upwind temperature gradient the vertical temperature profile over KMI at 6 a.m. has been drawn. Only the conditions applied also by Summers were assumed: There is an adiabatic lapse rate inside the mixing layer; there is an elevated inversion at the top of the mixing layer, the strength of the inversion is the same as in the suburban area.

3) The vertical urban temperature profile at 6 a.m. was used as an initial value for the determination of the variation of the inversion base by the help

of the dynamical model. The calculations have shown, that the base of the inversion is the lowest in summer and the highest in winter because of the different value of the anthropogenic heat. The time necessary for the filling up of the inversion is the longest in winter and the shortest in summer, because the rate of insolation has a seasonal variation. The maximum height of the inversion-base was found at 2000 m in summer and 600 m in winter.

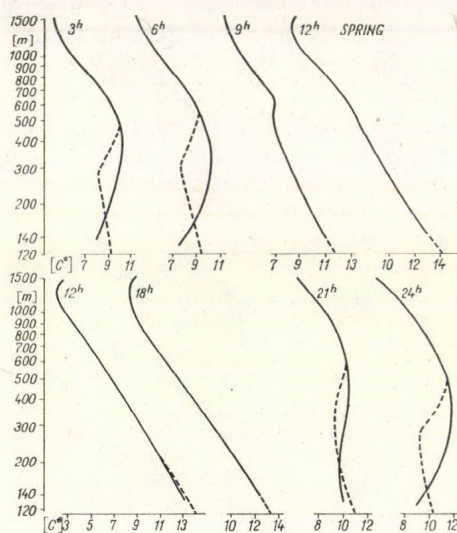


Fig. 3: The diurnal variation of the vertical average profiles in spring over Budapest

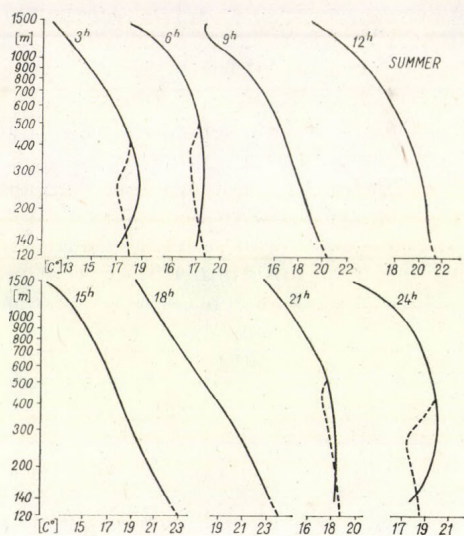


Fig. 4: The diurnal variation of the vertical average profiles in summer over Budapest

In conclusion the urban temperature profiles have been determined by the help of the urban-surface temperature (KMI), the assumed adiabatic lapse rate, the calculated height of the inversion and the lapse rate in the suburban area (KLFI).

In spring the cross-over effect occurs between 21^h and 6^h with the maximal strength of 2,5°C. The minimum height of the inversion base is at 270 m at 6 a.m. The depth of the cross-over layer is at about 350 m. During the day (9–18-) there is not any essential difference between the urban and suburban profiles (Fig. 3).

In summer the cross-over effect is formed also between 21^h and 6^h between the heights of 150 and 500 m. The maximal strength is 2,1°C. At 6 a.m. the height of the inversion base is greater than in spring due to the earlier and stronger insolation. The two profiles are about the same between 9–21^h (Fig. 4).

In autumn the cross-over effect occurs between 21^h–9^h in a layer of about 350 m depth with the maximal strength of 2,8°C. At that time the height of the inversion base is 285 m. During the day between 12 and 18 hours there is not any difference between the two profiles (Fig. 5).

In winter the cross-over effect is developed between the heights of 150 and 500 m between 21^h–12^h. The maximal strength is 3,2°C, which is gradually decreasing after sunrise. The urban surface temperature is always higher than

the suburban one. There is a slight difference between the two profiles between 15 and 18 hour, at any time of the day the difference is more significant (Fig. 6).

Conclusions

In a first approximation the diurnal variation of the urban vertical temperature profiles has been given including the height of the inversion base and the depth of the inversion layer. The applied formulas are very sensitive of the energy factors. In order to get a more realistic solution, the terms of the energy-

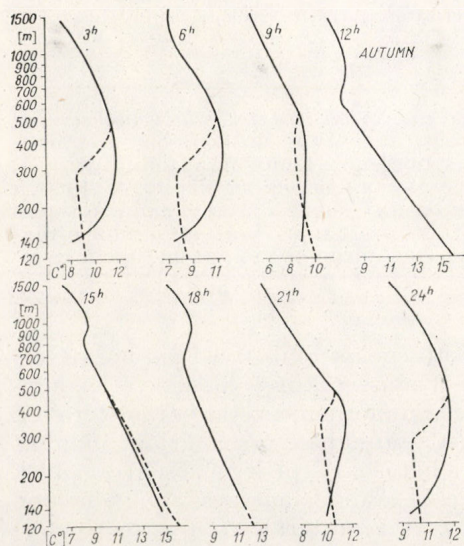


Fig. 5: The diurnal variation of the vertical average profiles in autumn over Budapest

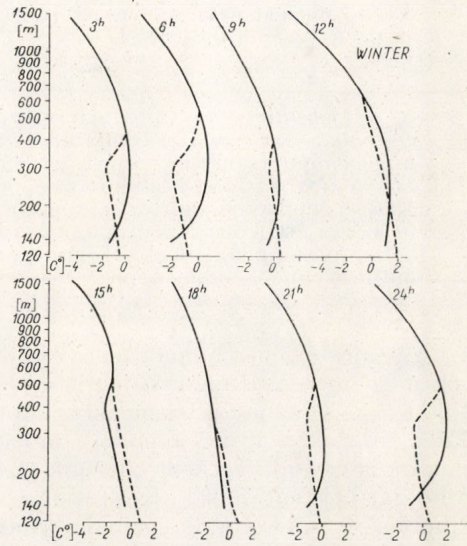


Fig. 6: The diurnal variation of the vertical average profiles in winter over Budapest

balance equation (anthropogenic heat, turbulent heat-flux at the surface and at the base of the elevated inversion, turbulent exchange coefficient) should be investigated. For the future we have a double-purpose: on the one hand, to develop the model theoretically, on the other hand, to make a comparison between the calculated and measured data.

REFERENCES

- [1] *Leahey, D. M. — Friend, J. H. (1971): A Model for Predicting the Depth of Mixing Layer over an Urban Heat Island with Applications to New York City. J. of Appl. Met. 10. 1162 — 73.*
- [2] *Climatological Yearbooks for Hungary. Academic Press Budapest.*
- [3] *Béll, B. (1954): The Climate of the Troposphere over Hungary.*
- [4] *Probáld, F. (1974): The Urban Climate of Budapest. Academic Press Budapest.*
- [5] *Haltiner, G. J., Martin, F. L. (1957): Dynamical and Physical Meteorology. Mc. Graw-Hill Book, Company, Inc.*
- [6] *Kalma, J. D. (1974): An Advective Boundary-Layer Model Applied to Sydney, Australia. Boundary-Layer Met. 3 — 4. 351 — 361.*
- [7] *Oke, T. R. — East, C. (1971): The Urban Boundary Layer in Montreal. Boundary Layer Met. 1. 411 — 37.*
- [8] *Tennekes, H. (1973): A Model for the Dynamics of the Inversion above a Convective Boundary Layer. J. of Atm. Sci. 5. 558 — 67.*
- [9] *Popovics, M. (1960): The Diurnal and Seasonal Variation of the Heat-island Intensity in Budapest. Manuscript.*

A felsőlégköri szélviszonyok tanulmányozása mesterséges holdak segítségével

PAÁL ANIKÓ, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

Study of Wind Conditions in the Upper Atmosphere with the Help of Satellites. In the article the King-Hele method is introduced for the specification of wind velocity in the upper atmosphere. Using this method the wind velocities caunted from the orbital declinations of seven satellites are published for springs of 1968 and 1970. The variations of orbital declinations that cannot be brought in connection with the gravitational spheres of the Earth, Moon and Sun or the wind in the upper atmosphere are explained with the storms in the F_2 layer of the ionosphere.

*

Изучение условий ветра в верхних слоях атмосферы с использованием спутниковых данных. Описывается метод Кинга-Хеле, позволяющий определять скорость ветра в верхних слоях атмосферы. Применяя данный метод, автор подсчитал величины скорости ветра для весенних периодов 1968 и 1970 гг, по изменениям отклонения траекторий семи ИСЗ. Изменения, которые не могут быть объяснены полями силы тяжести Земли, Луны и Солнца, а также ветром в верхней атмосфере, связываются автором с вихрями, происходящими в слое F_2 ионосферы.

*

A mesterséges holdak fellövése új lehetőségeket nyitott a Föld körüli térség megismerésében. A holdakon elhelyezett műszerek ugyanis közvetlen adatokat szolgáltatnak a felsőlégkör adott helyen mérhető fizikai paramétereiről. Ezen adatokon kívül a holdak mozgásának tanulmányozása útján, indirekt módon is visszakövetkeztethetünk azokra a hatásokra (pl. légsűrűség), amelyek a holdat útja során érik. Közvetlen mérés csak addig lehetséges, amíg a holdon elhelyezett műszerek dolgoznak, valamint csak azon területről nyerhető információ, amely felett a hold az adott időpontban éppen áthalad. Ezzel szemben az indirekt módon történő adatszerezésre minden Föld körül keringő hold felhasználható. Meg kell jegyezni azonban, hogy a holdak megfigyelésével nyert indirekt adatok — a hatások viszonylagos kicsinysége miatt — nem pillanatnyi értékek, hanem néhány nap alatt bekövetkező hatás összegeződésének eredményei.

Az első holdak fellövése előtt már kielégítő pontossággal elméletileg le tudták írni a gravitációs terek miatt bekövetkező pályaelem-változásokat. Az első mesterséges holdak mozgásának megfigyeléséből azonban kiderült, hogy a pályaváltozásokat nemcsak a Föld körüli gravitációs tér szerkezete határozza meg. *King-Hele* kimutatta, hogy a pályahajlás (inklináció) — a pályasík és az egyenlítő síkja által bezárt szög — a hold élete folyamán csökken. *D. G. King-Hele* [1] *G. E. Cook* [2] *R. N. A. Plimmer* [3] és más szerzők elméletileg kidolgozták a légkörben mozgó holdra a légellenállás miatt fellépő erő pályaelem-módosító hatását. Az elmélet által szolgáltatott eredmény jól egyezik *King-Hele* fent említett megfigyelésével: a légköri fékezés miatt a pályahajlás csökken. Ebből adódik az a lehetőség, hogy a mesterséges hold mozgásának tanulmányozásából vissza tudunk következtetni a légkör fékező hatására. Minthogy a hold fékezésére egyenesen arányos a szélességgel, így az a pályaelem, amelynek változása kapcsolatban van a fékezéssel, alkalmas a felsőlégköri szélviszonyok vizsgálatára.

A mesterséges holdak mozgását tehát a Föld gravitációs erőtere, a Hold és a Nap vonzása, a sugárnyomás, valamint a levegő sűrűsége és mozgása hatá-

rozza meg. A holdakra ható perturbáló erők pályaelem-módosító hatását az *I. táblázatban* foglaltuk össze. (A szekuláris változás az idő növekedésével arányos változást jelent.) A *táblázatból* kitűnik, hogy a pályahajlás megfelel ennek a célnak, mivel változásában a légköri hatáson kívül csak periodikus tagok szerepelnek.

I. TÁBLÁZAT

A mesterséges holdakra ható perturbáló erők

Perturbáló erő	Szekuláris		Periodikus	
	Nagy	Kicsi	Mérsékelt	Kicsi
Földi gravitációs erőter	Ω, ω	—	e	i, $\Omega, \omega,$
Atmoszféra	a, e	i	—	$\Omega, \omega,$
Luni-szoláris hatás	—	—	—	a, e, i, $\Omega, \omega,$

Tetszőleges mesterséges hold pályahajlásának elemzésénél a megfelelő formulák felhasználásával kiszámíthatjuk a Föld gravitációs tere, valamint a Hold és a Nap hatása miatt bekövetkező változást. Ha ezt levonjuk a megfigyelt értékekből, a kapott pályahajlás sorozat egyedül a légköri szélesebesség hatását tükrözi, feltéve, hogy a Nap sugárnyomása elhanyagolható.

A felsőlégkörben a szél eredő hatását a felsőlégköri szögsebességgel jellemezzük, ami azt fejezi ki, hogy egy bizonyos magasságban levő légrézsecskét a Föld középpontjával összekötő vektor 1 nap alatt hány fordulatot tesz meg a Föld középpontja körül. Ha ezt a szögsebesség értéket elosztjuk a Föld forgásának szögsebességével [1 fordulat/nap], akkor egy dimenzió nélküli mennyiséget kapunk, amelyet Δ -val jelölünk. Δ már a földfelszínhez viszonyított szélesebességet jellemzi: az 1-nél kisebb érték keleti, az 1-nél nagyobb érték nyugati szelet jelent. (Pl. 300 km magasságban a $\Delta = 0,8$ 900 km/h sebességű keleti szelet, a $\Delta = 1,2$ pedig ugyanekkora nagyságú nyugati szelet jelent.)

A mesterséges holdak légkörben történő mozgásának elméletét *King-Hele* foglalta össze [1]. Könyvében módszert közöl a Δ értékének meghatározására

a következő összefüggés felhasználásával:

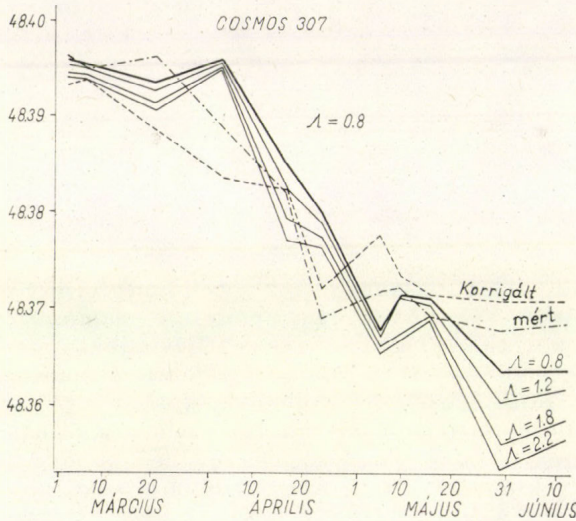
$$\frac{\Delta i}{\Delta T(d)} = \frac{\Delta \sin i}{3\sqrt{F}} \left\{ (1-4e) \cos^2 \omega - \frac{H}{a e} \cos 2\omega + \varepsilon(e^2, \frac{1}{z^2}) \right\}$$

Jelölések: Δi : a pályahajlás változása, $\Delta T(d)$: a periódusváltozás napokban, e : excentricitás, a : félnagy tengely, ω : perigeum argumentuma, H : a skálamagasság, F : a kezdeti pályaelemek és a Δ függvénye, z : az e/H .

A számítások elvégzéséhez mindenképp ismerni kell több időpontra a hold pályaelemeit. Ezután minden egyes időpontban a közvetlenül megelőző észlelésből nyert pályahajláshoz hozzáadjuk azt a változást, amelyet a Föld, a Hold és a Nap gravitációs tere okoz. Az így korrigált pályahajlások sorozata csak a légköri ellenállás miatti változást tartalmazza. A fenti formula segítségével elméleti pályahajlásokat határozhatunk meg. Pontosabban azt kapjuk meg, hogy mennyi lenne a kérdéses időpontban a pályahajlás értéke, ha a légkör és a Föld szögsebességének aránya az általunk önkényesen választott érték lenne. Ha a számításokat Δ értékei sorozatára elvégezzük, az elméleti görbék közül kiválaszthatjuk azt, amely a korrigált pályahajlásokból nyert görbét a legjobban megközelíti. A kiválasztott görbe számításánál használt Δ értéket

fogadjuk el a vizsgált időszakra. Ez az érték a hold perigeumának magasságára vonatkozik.

A *King-Hele* által közölt módszert számítógépre programoztuk. Bemelő adatként a pályaelemek és a Nap 10,7 cm-es sugárzásának napi értékei szerepelnek. Az utóbbi adatot azért használtuk fel, mert a felsőlégkör sűrűsége és



1. ábra: A pályahajlás mért és elméleti értékei a COSMOS 307 rakéta esetén 1970 tavaszán

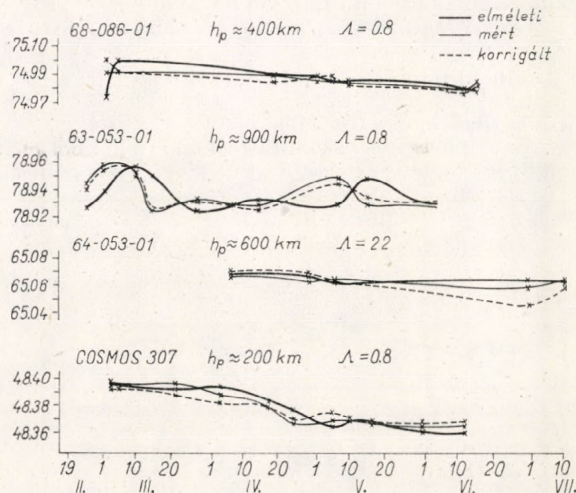
hőmérséklete jó összefüggést mutat a naptevékenységgel. A számításokhoz szükséges H skálamagasságot a *Jacchia* 69-es [4] légköri modellből vettük. A modellben szereplő exoszférikus hőmérsékletet ugyancsak *Jacchia* által közölt formulákkal határoztuk meg. [5]. A földi gravitációs tér és a luni-szoláris perturbációk hatásának figyelembevétele a [6] felhasználásával történt. A program a legkisebb négyzetek módszerével választja ki a legjobban közelítő elméleti görbét.

A program segítségével 1968 és 1970 tavaszára vonatkozólag 7 mesterséges hold pályaelemei alapján számítottuk ki a felsőlégköri szögsebességet. (Az adatokat a *Royal Aircraft Establishment Technical Report* kiadványokból vettük.)

1968 tavaszán a 64-076-01 és az Ariel—3 mesterséges holdra vonatkozó mérések alapján 470 km magasságra $\Lambda=0,8$, a 63-053-01 hold pályaelemeiből pedig 760 km magasságra $\Lambda=2,2$ értéket kaptunk. A görbék kiválasztásának szemléltetése céljából az 1. ábrán felrajzoltuk a COSMOS 307 rakéta 1970 tavaszán mért adataiból nyert elméleti görbéket. Az 1970 tavaszára számított értékeket a 2. ábrán mutatjuk be. Az ábrán látható, hogy több esetben mind a négy görbén hasonló eltérés mutatkozik.

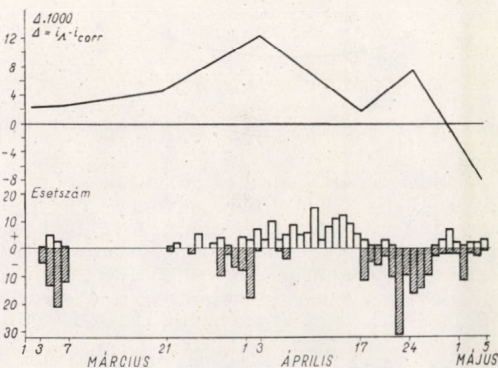
Célszerűnek látszott megvizsgálni, hogy a légköri fékezéssel nem magyarázható pályahajlás-változás kapcsolatban van-e más felsőlégköri jelenséggel, például ionoszféra-viharral. A Központi Légkörfizikai Intézet Hewlett—Packard 9810-A számítógépén meghatároztuk a COSMOS 307 rakéta tízpercenkénti helyzetét 1970. március 3-tól 1970. május 16-ig terjedő időszakban. Ezzel egyidejűleg a Föld 20 különböző helyén levő ionoszféra állomás óránkénti foF2 értékei alapján kiszámítottuk, hogy hányszor haladt át a vizsgált hold pozitív vagy negatív ionoszféra-vihart jelző területen. A kapott eredményt

a 3. ábra mutatja. A mesterséges holdra hatást gyakorló ionoszféra-viharok számát oszlopdiagrammal ábrázoltuk, felette feltüntetve azt a pályahajlás-változást, amelyet az elfogadott felsőlégköri szélesség értékkel nem tudunk megmagyarázni. Az ábrából világosan kitűnik, hogy a pályahajlás rendellenes változása abban az időszakban nagyobb, amikor a hold több negatív viharon



2. ábra: 4 mesterséges hold pályahajlásának mért, elméleti és korrigált értékei 1970 tavaszán

3. ábra: A pályahajlás felsőlégköri szélesség nem magyarázható rendellenes változása a COSMOS 307 rakéta esetén, valamint azon ionoszféra-viharok száma, amelyen a hold áthaladt, 1970 tavaszán. Az oszlopdiagram függőleges tengelyén a pozitív értékek a pozitív, a negatívok a negatív viharok számát jelzik



halad át, amennyiben pedig a pozitív ionoszféra-viharok dominálnak, akkor a görbétől való eltérés csökken.

A vizsgált esetekből korai lenne még távolabbi következtetéseket levonni, de a 3. ábra arra utal, érdemes a vizsgálatokat tovább folytatni. Úgy tűnik, hogy kapcsolat létezik az ionoszféra-viharok és a felsőlégköri szélesség vagy pedig az ionoszféra-viharok és szélesség számításánál közvetetten felhasznált légköri sűrűség között.

FÜGGELÉK

A felsőlégkör hatása a pályahajlás változására King-Hele [1] elmélete alapján

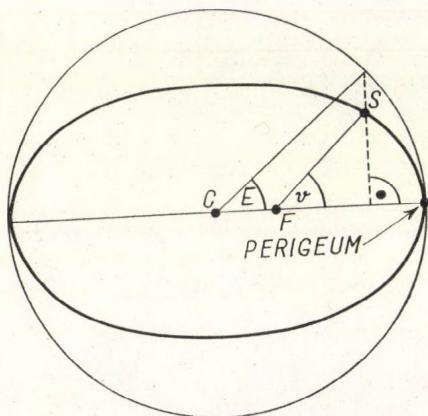
Ha a mesterséges holdra ható közegellenállási erőt — amelyet a jól ismert négyzetes ellenállástörvény alapján számíthatunk — a Lagrange-féle bolygóegyenletbe behelyettesítjük, a következő összefüggést nyerjük:

$$\frac{di}{dt} = - \frac{\rho v r^2 w \delta}{\sqrt{\mu p}} r \cos u \sin i, \quad (1)$$

Jelölések: ρ : a levegő sűrűsége, p : a pálya paramétere, v : a hold sebessége a Föld középpontjához képest, r : a hold távolsága a Föld középpontjától, w : a légkör forgásának szögsebessége, μ : a Földre jellemző égi mechanikai állandó, értéke $398602 \text{ km}^3/\text{sec}^2$, u : a Föld középpontjától a műhold pillanatnyi helyéhez mutató helyzetvektor és a fel szálló csomópontba mutató vektor által bezárt szög.

$\delta = FSC_D/m$, ahol C_D a közegellenállási együttható, S a műhold hatáskeresztmetszete, m a műhold tömege, $F = \left(1 - \frac{r_{p0} w}{v_{p0}} \cos i_0\right)^2$; itt a „ p ” index a perigeumot, a „ 0 ” index pedig a kezdeti időpontot jelöli.

Az F bevezetése számítástechnikai okokból előnyös; a műholdnak a légkörhöz viszonyított V sebességvektora és a Föld középpontjához képesti v sebességvektora hosszúsága közötti kapcsolatot fejezi ki: $|\vec{V}| = |\vec{v}|/\sqrt{F}$



4. ábra: Az excentrikus anomália értelmezése. v = valódi anomália, E = excentrikus anomália, S = a mesterséges hold pillanatnyi helyzete a pályán, F = a pálya fókusza, C = a pálya ellipszis centruma

Ebben az alakban a megoldáshoz nem rendelkezünk megfelelő adattal, hiszen rövid időközönként, például percenként mért levegősűrűségi adatokra és pályaelemekre lenne szükség. Az (1) egyenletet ezért a továbbiakban úgy alakítjuk át, hogy nagyobb időintervallumra érvényes összefüggést nyerjünk, amely a néhány naponként mért adatokkal kielégítő pontosságot ad. Minthogy mért sűrűségértékek korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, a továbbiakban egy reális sűrűségeloszlást kell feltételezni. Legkézenfekvőbb, ha a sűrűség exponenciális csökkenését fogadjuk el

$$\rho = \rho_p \exp \{ -\beta (r - r_p) \}$$

A p index itt is a perigeumra vonatkozó értékekre utal. Az arányossági tényező reciprokát skálamagasságnak nevezzük.

Égi mechanikai összefüggések felhasználásával és az $x = ae$ jelölés bevezetésével az (1) egyenletet úgy alakítjuk át, hogy a bal oldalon az inklináció excentrikus anomália szerinti differenciáhányadosa szerepeljen. (Az excentrikus anomália értelmezését a 4. ábrán mutatjuk be.) A mesterséges hold egy teljes körülfordulása alatt bekövetkező pályahajlás-változást megkapjuk, ha az excentrikus anomália szerint 0 -tól 2π -ig integrálunk.

Az egy fordulat alatt bekövetkező pályahajlás-változás így a következőképpen írható:

$$\Delta i = - \left(\frac{a}{\mu F} \right)^{1/2} \frac{\pi a^2 w \delta}{2} \rho_p \exp(-\beta x) \sin i \cdot \{ I_0 + I_2 \cos(2\omega) - 4 e I_1 \cos^2 \omega + \varepsilon(e^2) \}; \quad (2)$$

I_n a módosított Bessel-függvény:

$$I_n(x) = \frac{2}{\pi} \int_0^{2\pi} \exp \{ \beta x \cos E \} \cos(nE) dE.$$

A számítások egyszerűsítése végett célszerű meghatározni a pályahajlás-változás és a periódus-változás hányadosát. Az egy fordulat alatti periódus-változást a

$$\Delta T = -6 \pi^2 \delta \rho_p \left(\frac{a^3}{\mu} \right)^{1/2} \exp \left\{ \beta (a_0 - a - x_0) \right\} \cdot \left[I_0 + 2e I_1 + \frac{3}{4} e^2 (I_0 + I_2) + \frac{1}{4} e^3 (3 I_1 + I_3) + \varepsilon (e^4) \right] \quad (3)$$

összefüggés írja le.

A $T(d) = T/2\pi w_e$ valamint a $A = w/w_e$ jelölés bevezetésével — ahol w a légkör, w_e a Föld szögsebessége — a következő, számításra már alkalmas összefüggést nyerjük:

$$\frac{\Delta i}{\Delta T(d)} = \frac{A \sin i}{6 \sqrt{F}} \left[1 + \frac{I_2}{I_0} \cos 2\omega - 2e \frac{I_1}{I_0} \left\{ 2 + \left(1 + \frac{I_2}{I_0} \right) \cos 2\omega + \varepsilon (e^2) \right\} \right]. \quad (4)$$

Ezzel a formulával a cikkben ismertetett módon meghatározhatjuk a felsőlégkör és a Föld szögsebességének hányadosát.

Amennyiben a $z = ae/H$ érték nagy, úgy aszimptotikus közelítést alkalmazhatunk, és a dolgozatban használt munkaformulához jutunk. Ekkor a formulában már csak a H skálamagasság és a pályaelemek szerepelnek. A megfelelő pályaelemek, valamint H értékének (mérés vagy modell alapján) ismeretében, a levezetett összefüggés lehetővé teszi a A értékek kiszámítását különböző magassági tartományra és időszakra.

IRODALOM

- [1] *D. G. King-Hele*: Theory of Satellite Orbits in an Atmosphere, Butterworths, London 1964.
- [2] *G. E. Cook*, Proc. Roy. Soc. A. 261, 246, 1961.
- [3] *R. N. A. Plimmer*, Proc. Roy. Soc. A. 258, 516, 1960.
- [4] *L. G. Jacchia*, Smithsonian Astrophys. Obs. Spec. Rpt, 1969.
- [5] *L. G. Jacchia*, COSPAR Space Research V. 1965.
- [6] *D. G. King-Hele*, Planet Space Sci. 1970. 18.

Az atomerőművek hatása a levegő radioaktív kontaminációjára

SZABÓ ANDRÁS, Egyesített Atommagkutató Intézet, Dubna

The Effect of Atomic Power Stations on Radioactive Contamination of Air. The increased consumption of atomic energy causes an extensive radioactive emission and through this an increased radioactive load effecting human organism. Reduction of this radiational damage is possible either by the elaboration of a technology for the separation of the isotope ^{85}Kr or by putting fusional atomic power stations in action instead of fission reactors operating nowadays.

*

Влияние атомных силовых станций на радиоактивное загрязнение воздуха. Усиленное использование атомной энергии приводит к испусканию значительного количества радиоактивных веществ, загрязняющих воздух, вследствие чего увеличивается радиоактивная нагрузка на человеческий организм. Снизить радиационные поражения можно либо путем разработки технологии, позволяющей выделить изотоп ^{85}Kr , либо путем внедрения термоядерных станций вместо работающих в настоящее время фиссионных станций.

*

A radioaktív izotópok s az atomenergia fokozott felhasználásának következtében megnőtt annak reális veszélye, hogy az atmoszférába jelentős mennyiségű radioaktív anyag jut. Az emberi szervezetbe ezen izotópok inhaláció (belégzés) vagy inkorporáció (pl. sugárszennyezett élelmiszerek, italok fogyasztása) útján jutnak. A légkörben levő radioaktív anyagok egy része gáz alakú, más része aeroszolokhoz tapadva lebeg.

Az atmoszférában levő radioaktív anyagok eredetük szerint két csoportba sorolhatók: 1. az emberi tevékenységtől függetlenül jelenlevő radioaktív izotópok, 2. az emberi tevékenységből származó aktív anyagok.

Az 1. csoportba a természetes radioaktív anyagok (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{226}Ra) gázalakú termékei (^{222}Rn , ^{220}Tn) tartoznak, amelyek a talajból s a vízből főleg termikus kicserélődés révén jutnak a levegőbe [1]. Ebbe a csoportba sorolhatók a kozmikus sugárzás hatására keletkező aktív izotópok (pl. ^{14}C , ^{39}Ar , ^7Be) is.

A 2. csoportba tartozó sugárzó anyagok egy része a nukleáris kísérletek (atomrobbantások) következtében jut a légkörbe. Nagyenergiájú robbantás során a keletkező radioaktív izotópok zöme a sztratoszférába jut, s onnan kb. 7 év „felezési idő”-vel jut — fall out, rain out és wash out útján — a földfelszínre [2, 3, 4, 5]. Ezen radioaktív izotópok — elsősorban a ^{90}Sr és a ^{137}Cs — okozzák az élelmiszerek sugárszennyezettségét is [6, 7]. A 2. csoportba tartozó anyagok másik része az atomreaktorok üzemelése s a fűtőelemek feldolgozása révén keletkezik. Itt feltétlenül kihangsúlyozandó, hogy míg a nukleáris kísérletekre visszavezethető kontamináció az utóbbi években csökkenő tendenciát mutat (1963, moszkvai atomcsendegyezmény), addig az atomerőművek rohamosan növekvő száma miatt az atomreaktorok által emittált aktív anyagok mennyisége nagymértékben nő.

Az energiafelhasználási struktúra alakulása

Korunkban a világ energiaszükséglete rohamosan növekszik, s 15–20 év alatt megkétszereződik. Erre vonatkozóan néhány adatot ismertetünk az *I. táblázatban*. Az ETA olyan egyezményes tüzelőanyagot jelent, melynek fűtőértéke 7000 kcal/kg. A *II. táblázatban* az energiafelhasználás struktúráját, a *III. táblázatban* pedig a Magyarországra jellemző adatokat közöljük.

Az utóbbi kettőből látható, hogy a szénhidrogén-felhasználás részaránya egyre nagyobb. A nyolcvanas évektől kezdve azonban az atomenergia fokozatos térhódítása miatt a szénhidrogének energiahordozó szerepe jelentősen csökkenni fog. A tüzelésre felhasznált szén és kőolaj csökkenése egyúttal kisebb fokú légszennyező emissziót (SO₂, NO_x, CO, korom stb.) is okoz, tehát a levegőben mérhető immissziós szennyezési értékek várhatóan kisebbek lesznek. Ugyanakkor viszont az atomerőművek – bár baleseti statisztika s a konvencionális

I. TÁBLÁZAT

A világ energiaszükséglete

Év	1950	1970	1980	2000
10 ⁹ tonna ETA	2,8	6,6	10,6	25,0

II. TÁBLÁZAT

Az energiahordozók %-os részaránya a világ energiatermelésében

Év	Szén + fa	Kőolaj	Földgáz	Vízi energia	Atomenergia
1900	95,2	3,2	1,2	0,4	0,0
1940	75,5	18,1	4,9	1,5	0,0
1960	50,0	34,0	14,0	1,8	0,2
1980	28,0	46,0	15,0	2,0	9,0

III. TÁBLÁZAT

Magyarország energiastruktúrájának alakulása %-ban

Energia	1960	1970	1980
szén	72,4	50,2	27
szénhidrogén	21,2	42,5	66
primer villamos	6,4	7,3	7

légszennyező komponensek kibocsátása szempontjából előnyben vannak a hőerőművekkel szemben – sem elhanyagolható mérvű termikus és radioaktív szennyezés okozói.

Az atomenergia felhasználása

1975-ben a világon 45 országban mintegy 350 kutató-reaktor működött, míg az energiatermelő reaktorok száma 130 volt. A szocialista országok közül atomerőművek üzemelnek a Szovjetunióban, Csehszlovákiában, az NDK-ban és Bulgáriában. Magyarországon 1980-ban fogják üzembe helyezni a paksi 880 MW teljesítményű atomreaktort. A jelenleg üzemelő reaktoraink (Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapesti Műszaki Egyetem) csak kutatási s izotópellőállítási célokat szolgálnak.

Az utóbbi években a világ legtöbb országában intenzív atomerőmű-program indult meg. Az USA-ban pl. 2000-re kb. 500 atomreaktor fog működni, de a közeljövőben pl. Lengyelország és Románia is bekapcsolódik az atomenergiát energiatermelésre felhasználó országok sorába. Az előrejelzések szerint 2000-ben a világ elektromos energia igényének 50%-át már nukleáris energiából fogják fedezni [8].

A jelenleg üzemelő atomerőművek nagy része ún. termikus, könnyűvízes reaktor, amelynek ugyan viszonylag kicsi a beruházási költsége, de a nem elhanyagolható mérvű hőszennyezésén kívül jelentős mennyiségű radioizotópot is juttat a környezetbe. Az Egyesült Államokban a közelmúltban üzembe helyezett 1,6 millió kW teljesítményű erőmű pl. évente 42800 Ci aktivitású máglyagázt bocsát ki [9].

A maghasadás (fisszió) elvén alapuló atomreaktorokban a nehézmagok hasadásakor 36 nemesgáz-izotóp keletkezik [10]. Ezek vagy stabilak, vagy felezési idejük rövid. Kivételt képez a ^{85}Kr , amelynek felezési ideje 10,8 év, s így tartós sugárszennyezést képvisel. A ^{85}Kr egyébként főleg a nukleáris fűtőelemek feldolgozása, a reprocesszálás révén jut a légkörbe. Néhány adat az atmoszféra ^{85}Kr tartalmáról: 1971 – 1972-ben a Szovjetunió európai területén a ^{85}Kr aktivitás 12,5 – 14,9 pCi/m³ volt [11]. Hasonló adatot mértek 1970-ben Nevada államban is, itt a levegő átlagos ^{85}Kr tartalma 12,0 pCi/m³ volt [12]. New Yorkban az atomerőművek által a levegőbe kibocsátott radioaktivitásból eredő sugárterhelés 1972-ben 18,6 mrem volt [13]. Coleman és Liberace [14] számításai szerint pl. – figyelembe véve az atomipar fejlődését – 2060-ban a légkör ^{85}Kr koncentrációja már olyan mérvű lesz, hogy a csak ebből eredő sugárterhelés meghaladja a 100 mrem/év értéket. Tájékoztatásul: az MSZ 62 – 69 [15] a lakosság egészére vonatkozóan évi 167 mrem össz dózist tart még megengedhető maximális értéknek.

Az atomerőművek légszennyező emissziója mellett nem elhanyagolható a vízbe jutó radioaktív anyagok mennyisége sem. A ^3H mellett elsősorban ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}J , ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{58}Co kerül a vízbe [16]. A Big Point atomerőmű körzetében pl. a különböző vízi szervezetek radioaktivitása 3 – 10-szer meghaladja a más helyekről származó mintákban mérhető értékeket [17]. A felszíni vizek ^3H koncentrációjának utóbbi években tapasztalt növekedését egyértelműen az atomerőművek okozzák, ugyanis egy-egy atomerőmű évente több ezer Ci aktivitású ^3H izotópot is kibocsáthat. Magyarországon egyébként a felszíni vizek ^3H aktivitása 180 – 235 TU érték [18]. (1 TU a ^3H aktivitás, ha 10^{18} atom hidrogénre jut 1 ^3H atom.)

Annak ellenére, hogy a jelenleg üzemelő atomerőművek jelentős radioaktív kontaminációt okoznak, az atomenergia fokozott felhasználása sürgető feladat. A fejlődési trend figyelembevételével – a világ energiaigényének fokozódása évi 3,0 – 3,5% – ugyanis a jelenleg ismert szénkészletek mintegy 150, a szénhidrogén-készletek mintegy 70 évig elegendők [19]. Ugyanakkor a fosszilis energiahordozókkal szemben a nukleáris energiakészletek több tízezer évig elegendők még akkor is, ha csak a mai alacsony hatásfokú termikus reaktorokkal történik az energiatermelés. Ezen termikus reaktorok helyett viszont a közeljövőben már elsősorban gyors neutronokkal működő, ún. tenyésztő reaktorokat építenek, amelyek hatásfoka már lényegesen jobb. Ezeknél is problémát okoz azonban a jelentős mérvű radioaktív emisszió, ezért célszerű lenne a leválasztásra olyan jó hatásfokú eljárást kidolgozni, amellyel a légszennyező ^{85}Kr izotóp a reaktor fűtőelem-feldolgozó üzemekben kivonható. A különböző ^{85}Kr és Xe izotópok pl. aktív szeszes adszorpcióval eltávolíthatók [20]. Itt említjük meg, hogy Pakson nem lesz reprocesszálás. Ennek a problémának a megoldását jelentheti a fúziós erőművek alkalmazása, ezek előnye, hogy radioaktív hulladékot nem termelnek. A fúziós erőművek ipari alkalmazása azonban csak a XXI. század elejére-közepére várható.

Szükségesnek látjuk még hangsúlyozni, hogy a széntüzelésű erőművek nem csupán kén-dioxiddal, szén-monoxiddal, nitrogén-oxidokkal s korommal szennyezik a légkört, hanem a szálló pernye jelentős mennyiségű α sugárzó anyagot, elsősorban ^{226}Ra -ot is tartalmaz. Az ajkai és tatabányai erőművek pernyéinek aktivitása pl. 150–250 pCi/g körüli érték, ugyanakkor a talajok α -aktivitása ennél nagyságrendileg kisebb [21]. A légkörben leggyakrabban előforduló radioaktív izotópok legjellemzőbb tulajdonságai a *IV. táblázatban* láthatók [22].

IV. TÁBLÁZAT

A leggyakoribb légszennyező radioaktív izotópok

Izotóp	A sugárzás energiája (MeV)			Fizikai felezési idő	
	α	β	γ	év	nap
^3H	—	0,02	—	12,3	—
^{14}C	—	0,16	—	5570	—
^{85}Kr	—	0,67	0,52	10,8	—
^{90}Sr	—	0,54	—	28,0	—
^{95}Zr	—	0,36	0,75	—	65,0
^{129}J	—	0,15	0,24	$1,72 \cdot 10^7$	—
^{131}J	—	0,61	0,72	—	8,1
^{134}Cs	—	0,66	1,96	2,3	—
^{137}Cs	—	0,52	0,66	30,0	—
^{140}Ba	—	1,02	0,57	—	12,8
^{144}Ce	—	0,32	0,18	—	285,0
^{222}Rn	5,49	—	—	3,8	—
^{226}Ra	4,78	—	0,61	1620	—

Az atomerőművek veszélyessége

Az emberi szervezetet számos radiációs hatás éri. A bevezető részben említettek kivül radiációs ártalomként jelentkezik a röntgen-átvilágítások, sugárterápiás kezelések, radiofarmakonok alkalmazása következtében fellépő ún. medicinális eredetű sugárterhelés is. A környezetbe jutó radioaktív anyag lehetőség szerinti minimálisra csökkentése azért lenne szükséges, mert a természetes eredetű háttérsugárzás s a medicinális sugárterhelés miatt a szervezetet egyébként is éri radiációs hatás. A sugárterhelés fokozódása pedig fokozódó genetikai sugárkárosodáshoz (génmutációk, kromoszóma-aberráció) vezet. Különösen kihangsúlyozandó, hogy a genetikai hatásnak nincs küszöbdózisa, tehát a legkisebb dózis is okozhat mutációt [23]. Következésképp a szabványban [15] szereplő, levegőre vonatkozó értékek nem a veszélytelen, hanem a még elfogadható kockázati szintnek megfelelő radioaktív koncentrációkat jelentik. A különböző radiációs tényezők veszélyességéről az *V. táblázat* közöl adatokat [24].

V. TÁBLÁZAT

Az egyes radiációs tényezők várható genetikai kockázata

Haláleset	Sugárterhelés eredete			
	Természetes	Medicinális	Atomerőművek	Nukleáris kísérletek
[millió lakos/év]	25	8	3	3

Az eddig leírtakat összegezve tehát megállapítható, hogy az atomenergia fokozott felhasználása jelentős mérvű légszennyező radioaktív emissziót okoz, s ez megnöveli az emberi szervezetet érő sugárterhelést. A radiációs ártalom csökkentése vagy a ^{85}Kr izotóp elválasztását s kinyerését biztosító technológia kidolgozásával, vagy a jelenleg üzemelő fissziós reaktorok helyett a fúziós atomerőművek üzembe helyezésével válik lehetővé. Megemlítem még, hogy a jövőben az energiaigény kielégítésében várhatóan egyre nagyobb szerepet fog játszani a napenergia s a geotermikus energia is, s ez a radioaktív kontamináció fokozódásával ellentétesen ható tényező.

IRODALOM

- [1] *Simon A.*: A légkör természetes radioaktivitásának függőleges eloszlása a talajfelszín közelében. *Időjárás*, **77**, 349–354, 1973.
- [2] *Simon A.*: A csapadék hatása a mesterséges radioaktív aeroszol koncentrációra. *Időjárás*, **68**, 151–156, 1964.
- [3] *Simon A.*: A mesterséges radioaktív anyagok ülepedése a Kárpát-medencében 1964-ben. *Időjárás*, **69**, 168–174, 1965.
- [4] *Simon A.*: A légkör mesterséges eredetű béta-radioaktivitása Budapesten 1961–1965-ben. *Időjárás*, **70**, 261–265, 1966.
- [5] *Mészáros E.*–*Simon A.*: A mesterséges eredetű radioaktív részecskék száraz és nedves kiullása a troposzférából. *Időjárás*, **71**, 86–90, 1967.
- [6] *Bozóky L.*–*Kovács J.*–*Predmerszky T.*: Adatok a környezet és az élelmiszerek radioaktív szennyeződéséről Magyarországon. *Időjárás*, **71**, 281–283, 1967.
- [7] *Szabó A.*–*Bende E.*: A növények radioaktív szennyezettsége és a csapadékmennyiség közötti összefüggés. *Időjárás*, **78**, 356–359, 1974.
- [8] *Berényi D.*: Nukleáris jelenünk és jövőnk. *Magyar Tudomány*, **20**, 622–629, 1974.
- [9] *Moser M.*: A környezetvédelem alapjai. Szakmérnöki jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem, 1974.
- [10] *Csongor É.*: Mérések a levegő radiokripton-tartalmának növekedésére vonatkozóan. *Izotóptechnika*, **16**, 96–104, 1973.
- [11] *Tertüsnik, E. G.*–*Malahov, Sz. G.*: Izmerenie koncentracii kripton-85 v atmosferom vozduhu. Gl. upr. gidrometeorol szluzsbü pri Szov. Min. SZSZSZR, **3** (42), 60–64, 1974.
- [12] Other data. Radiat. Data and Repts., **15** (12), 802–841, 1974.
- [13] *Terpilak Michael, S.*–*Jorgansen Bruce, L.*: Environmental radiation effects of nuclear facilities in New York State. Radiat Data and Repts., **15**(7), 475–500, 1974.
- [14] *Coleman, J. R.*–*Liberace, R.*: ^{85}Kr in the Atmosphere. Rad. Health Data and Reports, **7**, 615, 1966.
- [15] MSZ 62–69 Radioizotópok sugárzása elleni védelem.
- [16] *Kaye, S. V.*: Assessing potential radiological impacts to aquatic biota in response to the national environmental policy act (NEPA) of 1969. IAEA–SM–172/74.
- [17] *Nelson, D. M.*–*Romberg, G. P.*–*Prepejchal, W.*–*Spigarelli, S. A.*: Effects of a routine radioactive release on aquatic radionuclide concentrations. Proc. 15 th Conf. Gr. Lakes. Res., Wisc., 1972. Int. Assoc. Gr. Lakes Res. Ann. Arbor, Mich., 260–269, 1972.
- [18] *Pavlicsek I.*–*Veres Á.*–*Rakvácsné Szabó O.*: Természetes vizek trícium-koncentrációjának mérése. *Izotóptechnika*, **15**, 619–625, 1972.
- [19] *Lévai A.*: Energiaellátási gondok, távolabbi megoldási lehetőségek. *Magyar Tudomány*, **19**, 137–146, 1974.
- [20] *Kronauer, P.*–*Jüntgen, H.*–*Schröter, H. J.*: Verfahren zur Abtrennung und Gewinnung von Krypton- und Xenonukliden aus Abgasen. Bergwerksverband GmbH. Szab. bej. NSZK, C 01, b 23/00, No. 2343313.
- [21] *Polgár E.*: A környezet radioaktivitás ellenőrzésének újabb szempontjai, különös tekintettel az összes β és γ aktivitás rutin mérési módszereire. *Izotóptechnika*, **16**, 113–122, 1973.
- [22] *Szelinov, J. P.*: Izotopü. Izd. Nauka, Moskva, 1970.
- [23] *Várterész V.* (szerk.): Sugárbiológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1963.
- [24] *Fehér I.*: Veszélyesek-e az atomerőművek a környezetre? *Energia és Atomtechnika*, **27**, 318–320, 1974.

БЕРЛЯНД, М.Е.: Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы (*A légköri diffúzió és a légszennyeződés időszzerű problémái*). Gidrometeoizdat. Leningrád, 1975. 448 oldal, 82 ábra, 37 táblázat, angol nyelvű rövid ismertetés és tartalomjegyzék.

Környezetvédelmünk fontos feladata a légkör megóvása az egyre fokozódó antropogén szennyezésektől. A szakterület hazai művelői által személyesen is ismert *Berljand* professzor e munkájában a logikai sorrend gondolatmenetére fűzve tárgyalja a légszennyeződés-meteorológia teljes problémakörét; saját és GGO-beli kitűnő kollektívájának legújabb, mintegy másfél évtizedes elméleti és kísérleti munkáját összegezve állítja a nemzetközi eredmények tükrébe.

A monográfia 13 fejezetre oszlik. Az első a légköri diffúzió elméletén vezet végig, külön kitérve a pont- és vonalforrás közötti rokonságra, a kutatás numerikus módszereire és annak kontrolljára. Folytatásaként a 2. fejezet az aeroszolkok és nehéz részecskék diszperziójának sajátosságait, a természetben legáltalánosabban előforduló többszintű forrásokra alkalmazható „átlag koncentráció” módszert, a turbulencia szerepét, a szélirány változékonyságának hatását és a koncentrációnak a mintavétel időpontjától való függését, valamint az évi közepek képzésének elméletét tárgyalja. Az ipari emissziók diszperziójának számítási módszereit veszi sorra a 3. fejezet, a pontforrásként szereplő magas ipari kéményektől a vonalforrás, források csoport, a szellőztetési- és a hideg-emisszió esetéig.

A légszennyeződések terjedésének meteorológiai feltételeivel, főként az inverziós és szélcsendes rétegek hatásával foglalkozik a 4. fejezet, majd az 5. a szennyező anyagok légköri transzformációjával, a különböző eredetű ködökben és szmogokban, felhőkben és csapadékhulláskor lezajló kémiai folyamatokkal ismertet meg. A 6. fejezet a változó felszínű terep — hegyek, vízfelületek — feletti diszperzió kutatásának elméleti eredményeit és a szimulációs lehetőségeket mutatja be.

A 7–9. fejezet a légszennyezettség mérési módszereit, eszközeit, a mérések elméleti alapját, a Szovjetunió különböző tájain végzett expedíciós terepmérések körülményeit és eredményeit ismertetik részleteikben, amelyek a diffúzió elméletének 10. fejezetben leírt igazolásához szolgáltak alapul. Ugyanitt számos javaslatot és módszert találunk a levegőtisztaság tervezésének számítására (kéménymagasság, emissziós normák, védőzónák, ipar és ellenőrző mérőhálózat optimális telepítése stb.)

A 11. fejezet a sokrétű szennyezőforrású és módosult helyi klímájú városi környezet sajátosságait mutatja be, és erre vonatkoztatja az előző fejezetek ismereteit.

A 12. fejezet a légszennyezettség előrejelzésének problémaköréről ad áttekintést, a feladatok konkretizálásától az alkalmazott módszerekig és eddigi eredményekig. Ismereti a hosszabb távú előrejelzések tudományos-műszaki elveit, melyek lehetővé teszik a légkör globális elszennyeződésének becslését. Annak tudományos kifejtését tartalmazza az utolsó fejezet, hogy az aeroszolkok és a széndioxid koncentrációjának növekedése és a légköri ózon-védőpajzs károsodása milyen nagytérű klímamódosulásokhoz vezethet.

A könyvet olvasva kitűnik, hogy az rutinos, jó tollú és a szakterület egészét ismerő kutató műve. Mindegyik fejezet elején általános ismertetést ad a témáról, súlyt helyez az összefüggések kiemelésére, végül a gyakorlati alkalmazások keretében foglalja össze az elmondottakat. Stílusa olvasmányos, és az elméleti részek kivételével — amelyeknek megértése magasabbfokú matematikai képzettséget föltételez —, minden levegőkörnyezet-védelem iránt érdeklődő számára érthetően nyújt hasznos ismereteket és tájékoztatást e szaktudomány mai állásáról, sőt a zárszóban a megoldásra váró feladatokról, távolabbi tervekről is. Értékes a könyv végén található 546 irodalmi utalás, melynek mintegy harmada a legjelentősebb külföldi, a többi — szám szerint 324 —, a szakterület teljes szovjet irodalmát felöleli.

A könyv külsőalakja tetszetős, nyomdai kiállítása kifogástalan.

Gajzágó László

SMITH, L. P.: *Methods in Agricultural Meteorology (Módszerek az agrometeorológiában)*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam – Oxford – New York, 1975. 210 oldal, 22 ábra, 42 táblázat.

Az agrometeorológia területén ma még nem alakult ki általánosan elfogadott elmélet, ezért módszertani szempontból nagy a változatosság. Az utóbbi időben azonban egyre gyakoribb a törekvés az alkalmazott módszerek rendszerezésére, átfogó értékelésére. *Smith* könyve is ezt a célt tűzi ki maga elé.

A könyv mondanivalójának megértéséhez szükséges az agrometeorológia átfogó ismerete. Tartalma csak ezen ismeretek birtokában válik érthetővé, maga a könyv pedig élvezetes olvasmánnyá, szellemes stílusa és filozófiai mélységű gondolatai miatt. A szerző – aki a 60-as években közel 10 éven át volt a WMO Agrometeorológiai Bizottságának (CAgM) elnöke – kitűnően rendszerezett könyvében végigvezeti a szakértő olvasót az agrometeorológia egész területén, elemezve minden jelentősebb elméleti-módszertani problémát.

A könyv nyolc fejezetre tagozódik: (1) Az agrometeorológia értelmezése, (2) Az agrometeorológia adatai, (3) Agrometeorológiai módszerek – Növények, (4) Agrometeorológiai módszerek – Állatok, (5) Agrometeorológiai módszerek – Talajok, (6) Agrometeorológiai módszerek – Technikai eljárások, (7) Agrometeorológiai módszerek – Káros jelenségek, (8) Az agrometeorológiai ismeretek továbbadása.

Az agrometeorológia célját a szerző abban látja, hogy a meteorológia tudományát minden lehetséges formájában a mezőgazdaság szolgálatába állítsa a termőterület jobb kihasználása és magasabb terméshozam elérése, valamint a káros meteorológiai hatások elkerülése végett.

Ennek gyakorlati megvalósítása céljából a meteorológiai hatótényezőket mezőgazdasági jelentőségük szempontjából osztályozni kell. Megkülönböztet elsőrendű és másodrendű tényezőket, valamint a mezőgazdasági termelés szempontjából alapvető jelenségeket (sugárzás, hő, víz, szén-dioxid, légmozgás stb.), amelyek a talajokra, a növényekre és az állatokra a legszámottevőbb hatást gyakorolják.

Ennek megfelelően a talajtan, a növénytan és az állattan szakembereivel kell az agrometeorológusnak a legszorosabb együttműködést kiépítenie. Mivel a határterületeken való együttműködés nem mindig harmonikus, állást foglal olyan kényes kérdésben is, mint a közös területeken végzendő munka. Véleménye szerint nem az a fontos, milyen képzettségű szakember végzi el a feladatot, hanem az a lényeg, hogy az eredmény helyes legyen.

Az adatok gyűjtésének is elsősorban a legfontosabb tényezőkre kell irányulnia. Így lehetővé válik a növények vetésére, beporzódására, növekedésére, fejlődésére, termésére, valamint a növényi betegségekre gyakorolt meteorológiai hatások gyakorlati meghatározása és elméleti-módszertani tanulmányozása.

Elemzi a könyv a meteorológiai tényezők és a háziállatok életjelenségei közötti kapcsolatok meghatározására szolgáló módszereket és az állatokat támadó betegségek kifejlődésének meteorológiai körülményeit is.

A talajokkal kapcsolatban elsősorban a talajok fizikai tulajdonságai, valamint a trágyázás és a meteorológiai viszonyok közötti összefüggések taglalására fordít nagyobb figyelmet.

A mezőgazdaságban alkalmazott technikai eljárások között az öntözés, az erdősávos, a különböző mesterséges terek, a szállítási és raktározás, valamint az árnyékban való termesztés meteorológiai vonatkozásainak megtárgyalása szerepel. Érdekességként említjük meg, hogy a technikai eljárásokról szóló fejezetben tárgyalja az agrometeorológiai előrejelzések problémáit is.

A káros meteorológiai jelenségek közül a fagy és az erdőtüz előrejelzése kap legnagyobb hangsúlyt.

Az utolsó fejezetben a kutatási eredmények közzétevése során felmerülő problémákat tárgyalja a szerző. Mind a szóbeli, mind az írásbeli közzétevése vonatkozóan hasznos tanácsokat ad a kutatóknak.

A kitűnő szakkönyvet a tapasztalt és a fiatal agrometeorológus szakemberek egyaránt nagy haszonnal forgathatják. További munkájukhoz minden bizonnyal újabb gondolatokat fog adni.

Varga-Haszonits Zoltán

БЕЛОВ, П. Н.: *Численные методы прогноза погоды (Az időjárás-előrejelzés szám-szerű módszerei)*. Gidrometizdat, Leningrád 1975. 392 A₅ oldal, számos ábra és táblázat.

A szerzőnek e témában immár harmadik munkája jelenik meg. Könyve a moszkvai állami egyetem geográfiai fakultásán 1970 – 74 között tartott előadásainak anyagára épül. Felépítésében nagyon hasonlít az előző két könyvre, amelyek mintegy magvát alkotják e műnek, számos fejezet azonban jelentősen kibővült, illetve átdolgozásra került. A korábbiakhoz képest teljesen új részek is szerepelnek a könyvben, mint pl. a meteorológiai mezők szerkezetének tárgyalása, a számszerű lokális időjárás-prognózis kérdése, avagy az analízis és prognózis módszerek operatív alkalmazá-

ának bemutatása. Újszerű a könyvben a gazdag mellékletrés, ennek mind elméleti, mind gyakorlati szempontból hasznos táblázata, továbbá a hidrotermodinamikai egyenletek megoldási módszereinek és bizonyos matematikai statisztikai karakterisztikák számítási eljárásainak rövid átnézete.

A mű 10 fő fejezetből áll. A már említett témák kifejtése mellett a fő hangsúly a hidrotermodinamikai egyenletek felhasználásának leírásán van az időjárás rövid és hosszú távú előrejelzése céljából. Ezen felül külön fejezetet szentel az időjárás prognózisa statisztikai módszereinek és a számszerű analízis kérdéskomplexumának az ismertetésére.

A könyv a számszerű módszerek terén a szovjet iskola által végzett kutatások tömör összefoglalása is egyben, de helyet kapnak benne a külföldi kutatók eredményei is. A szerző kifejezőmódja könnyen érthető. A matematikai tárgyalásmód világos, áttekinthető.

Tánczer Tibor

PEJML, K.: 200 let meteorologické observatoře v Pražském Klementinu (*A prágai Klementinum meteorológiai obszervatóriumának 200 éve*). Hydrometeorologický Ústav, Praha 1975 80 B₅ oldal, 11 ábra. Ára vászonkötésben 15 Kcs.

Európa, sőt a világ egyik legrégebb meteorológiai mérőhelye, obszervatóriuma, időnként – szinte így is mondhatjuk – meteorológiai intézete a prágai Klementinumban 1752 óta működő meteorológiai állomás. Vagyis ma – 1976-ban – ez a megfigyelőhely 225. éve áll fenn. Ismertetésünk tárgya, a fenti címen megjelent jubileumi kötet, ebből a közel 225 évből azt a 200-at tekintti át, amelynek során a Klementinum meteorológiai állomása az alapító jezsuita P. Josef Stepling idejétől egészen a második világháborút követő évekig mint önálló létesítmény működött. Szögezzük le rögtön: annak ellenére, hogy ez az állomás az 1950-es évek elejétől a Csehszlovák Hidrometeorológiai Szolgálat keretei között mint szekuláris állomás működik, a korszerű adatszerzés és -feljegyzés minden feltételét megkapja, az adatokat rendszeresen publikálják, vagyis az önállóság elvesztése a biztos jövő elnyerésével járt együtt.

A jezsuiták híres prágai kolostora a Morva (Vltava) folyó jobb partján, a Károly híd tornyos hídfője közelében állt már a XVIII. században (lényegében változatlanul, változatlan környezetben áll ma is), amikor az egyik második emeleti, északra néző udvari ablakban elhelyezte Stepling magagyártotta hőmérőjét, a kolostorudvaron csapadékmérőjét s cellájában légnyomásmérőjét. Kisebb-nagyobb műszerváltozásokat és cseréket is beleszámítva, itt folynak ma is a mérések.

Ismertetésünk elején azt mondtuk, hogy obszervatórium is volt ez a meteorológiai megfigyelőhely. Igen, az is volt. Stepling tanítványának, a megfigyelőhely (egyben csillagda is) harmadik igazgatójának, Antonín Strnadnak az idejében nemcsak meteorológiai megfigyeléseket végeztek itt, hanem igen termékeny szakirodalmi tevékenységet is folytattak. Évkönyveket, értekezéseket, könyveket adtak ki, amelyeknek tartalma természetesen a Klementinumban folyó megfigyelések adataira épült.

De jogos az a megállapításunk is, hogy volt idő, amikor a kolostor egyben meteorológiai intézet is volt, hiszen éppen az előbb említett Stepling idejében innen kiindulva szervezték meg az egész Csehországra kiterjedő meteorológiai kutatásokat. A XIX. század első felében pedig 53 csehországi meteorológiai állomás gyűjtötte az adatokat a Klementinum irányításával.

Joggal mondja hát a jubileumi kötet előszavában a szerző: „A prágai Klementinum csillagdájában működő meteorológiai obszervatórium jelentős része a cseh kultúrtörténetnek.” Hozzátehetjük, hogy nemcsak a cseh, hanem az európai kultúrtörténetnek is, s reméljük, hogy megéri ez a tudományos-kulturális emlékhely – s ma is teljes értékű szekuláris meteorológiai állomás – a 300. évfordulót is. Az ebből már eltelt közel 25 esztendő kezeskedik arról, hogy jogos ez a reményünk.

A cseh nyelvű szöveget bő orosz, német és angol összefoglalás egészíti ki, így aki történelmi vagy meteorológiai szempontból mélyebben meg akarja ismerni a Klementinum múltját, több adatot szeretne róla tudni, az igen nagy haszonnal forgathatja a szépen illusztrált, jól tagolt kötetet.

Kéri Menyhért

A SONNBLICK-OBSZERVÁTORIUM JUBILEUMA ÉS A 14. ALPI METEOROLÓGIAI KONFERENCIA

1976 szeptemberében – a nyári turista-forgalomnak mintegy befejezéséeként –, megélénkült az élet egy kis alpi községben, Raurisban. A Magas Tauern szép fekvésű völgyében épült alig 3000 lakosú település – a közép-korban aranybányász városka, ma a csendet és nyugalmat keresők kedvelt üdülőhelye –, közel 100 éve kapott helyet a meteorológia történetében. Az akkoriban a bányák kimerülése miatt már elszegényedett Raurisnak változtatott életpályát befutó tekintélyes polgára: *Ignaz Rojacher* lelkes alpinista – felismerve az időjárás nagy jelentőségét az Alpok térségének gazdasági és kulturális életében, turisztikájában, valamint várható idegenforgalmában –, széles körű társadalmi mozgalmat indított a 3000 m fölé nyúló Sonnblick-csúcson létesítendő magashegyi obszervatórium érdekében. A kezdetben aranybányász, majd a raurisi temető sírkövének tanúsága szerint „aranybánya-tulajdonos, vendéglős és postamester” *Rojacher Ignác* önzetlen fáradozását támogatta az osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Központi Intézet nagynevű igazgatója, *Julius v. Hann*, és segítették a különböző alpi társulások, szervezetek és egyesülések, különösen a *Sonnblick-Verein*, majd maga az osztrák állam, amely Központi Intézete útján az első világháború óta folyamatosan gondoskodik az 1886-ban ünnepélyesen felavatott obszervatórium műszaki és személyi fejlesztéséről.

Mindenesetre a felavatást megelőző évek szervező és agitációs munkáját, a lelkes alpinisták közreműködését a magashegyi expedíciók viszontagságaira emlékeztető első erőfeszítésekben, az életveszélyes magashegyi észlelőszolgálatot, a kezdeti évek magányosságát a meteorológia pionír, de bizvást mondhatjuk: hősi korszakához sorolhatjuk. Ennek elismerését jelzi az obszervatórium felé vezető túraúton 2700 m magasan található pihenőhelynek, a *Rojacher-Hütte*-nek neve és erre emlékezett az a 12 országból összegyűlt delegáció, amely a Sonnblick-Obszervatórium alapításának 90. évfordulóján részt vett a raurisi kis temetőben *Rojacher Ignác* sírjának koszorúzási ünnepségén és kegyelettel adózott azok emlékének, akik szolgálatuk teljesítése közben életüket

vesztették az obszervatórium elmúlt 9 évtizedében.

Az obszervatórium észlelői 90 év óta megszakítás nélkül végzik az észleléseket, amelyek a meteorológiai megfigyeléseken és méréseken kívül kiterjednek hidrometeorológiai, geofizikai, glaciológiai mérésekre: a hóréteg, a gleccserek, a lavinák kutatására. Ez a megszakítatlan, 90 éves adatsor a Sonnblick-Obszervatóriumnak az első helyet biztosítja a Föld magashegyi obszervatóriumainak sorában.

Az obszervatórium nevét megtaláljuk az aerológia történetében is. Alapításának idején a magasabb légrétegekből csupán a magashegyi mérések szolgáltatottak közvetlen adatokat. Később, a század végén és a XX. század első évtizedeiben, a tudományos léghajózás és a műszeres léggömbök korszakában, majd a napenkénti rádiószondás mérések megindultával a folyamatosan mérő, regisztráló műszerekkel felszerelt magashegyi obszervatóriumok, köztük a troposzférikus alaprétég fölé nyúló Sonnblick-Obszervatórium, jelentőségükből semmit sem veszítettek.

Az obszervatórium működését a magyar meteorológusok (*Konkoly-Thege Miklós, Réthly Antal* és utódaik) kezdettől fogva figyelemmel kísérték s ünnepnapjain rendszeresen megjelentek. A 30-as évek magyar prognosztikai szolgálatában, az ún. három dimenziós időjárásanalízis kifejlődése és alkalmazása során a térben és időben aránylag ritka repülőgépes felmérések adatait megbízhatóan és folyamatosan egészítette ki az obszervatórium részletes időjárásanalízis rádiogramja, mégpedig az időjárás alakulása szempontjából Magyarország számára rendkívül fontos térségből, az Alpok légteréből.

Korunk fejlett mérés technikája, az állomáshálózatok nemzetközi automatizálási programja, a korszerű mérőeszközök (radar, lidar, acdar, műholdak stb.) alkalmazása a légkör szondázásában vajon kérdésessé teszik-e a hegyi obszervatóriumok klasszikus programjának hatékonyságát és a személyes észlelések, megfigyelések szükségességét? Az automatizálási programnak – elsősorban a makroskálájú folyamatok numerikus megközelítése témakörében – kétségtelenül nagy a jelentősége s a mérés technika gyors fejlődése is új utakat, ma még beláthatatlan távlatokat nyit meg a meteorológiában. Mégis a hegyi obszervatóriumok személyekhez kötött megfigyelési programja, ezek komplex jellege, műszerekkel rész-

leteikben nem követhető folyamatok nagy változatossága következtében, úgy tűnik, még sokáig, vagy egyáltalában nem nélkülözhető a domborzat keltette időjárási hatások kutatásában. A magashegyi obszervatóriumok és általában a makroszkálájú folyamatokban méreterű zavarokat keltő hegyrendszerek speciális megfigyelő hálózata nélkülözhetetlen eszköze marad a korszerű meteorológiai kutatásnak. Az erre épülő programok szükségképpen kiegészítik a nagytérségű légköri objektumok, a globális méretű atmoszférikus folyamatok kutatását (lásd pl. a GARP-nak a hegyrendszerek hatására irányuló alprogramját), egyúttal a létrehozott geográfiai és a létrehozott légköri objektumok méreteihez alkalmazott skálán új kutatási módszerek kialakulását segítik elő.

A hegyrendszerek meteorológiájának és a magashegyi obszervatóriumoknak hagyományos és ma is élő szoros kapcsolatát szimbolizálta az Osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Központi Intézetnek, az Osztrák Meteorológiai Társaságnak és a Sonnblick-Verein-nek közösen rendezett ülészaka, amelyben összekapcsolódott a 14. Nemzetközi Alpi Meteorológiai Konferencia a 90 éves Sonnblick-Obszervatórium ismertített jubileumával.

A konferencia immár hagyományos tudományos találkozója az ún. alpi országok (Ausztria, Franciaország, Jugoszlávia, NSZK, Olaszország, Svájc) meteorológusainak, de az 1950 óta kétévenként rendezett konferenciákon — éppen az Alpoknak elsősorban áramlásmódosító hatása s ezen keresztül számos, részleteiben még nem ismert, főként a szubszinoptikus skálán jelentkező orografikus időjárási effektusok s e tekintetben az Alpok kiterjedt hatáskörzete miatt — számos más, elsősorban közép-európai ország képviselői is nagy számban vesznek részt. Ez a körülmény indokolja a magyar meteorológusok élénk érdeklődését és aktív részvételét az Alpi Meteorológiai Konferenciákon, amelyet az elmúlt években az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Meteorológiai Társaság anyagi hozzájárulása tett lehetővé.

A Raurisban tartott 14. konferencián 12 országból közel 300 szakember vett részt s a két előadási napon két-két szekcióban mintegy 80 előadás hangzott el. Az alább felsorolt témakörök az alpi meteorológia széles spektrumát és kiterjedt alkalmazási területét is jelzik: 1) új megfigyelési módszerek, 2) klimatológia és sugárzás, 3) hidrometeorológia, 4) alpi szinoptika, 5) csapadék és glaciológia, 6) elméleti meteorológia, 7) szél, 8) bioklimatológia, 9) hőmérséklet, 10) a magashegység meteorológiája. Az előadások, amelyek részletes ismertetése meghaladja ennek a beszámolóknak lehetőségeit, elsősorban az Alpok térségében alkalmazható és alkalmazott speciális metodikai kérdésekkel, az Alpok időjárásmódosító hatásaival (a nyomási, hőmérsékleti és szélmező

módosulásai), valamint az időjárási jelenségek jellegzetes alpi változataival foglalkoztak, de más hegyrendszereken (Kárpátok, Magas-Tátra, Északnémet, Magyar Középhegység, egyenlítői öv magashegységei) folytatott kutatásokat is ismertették, továbbá elméleti kutatások, energetikai vizsgálatok, légkörfizikai és levegőkémiai mérések eredményeit is bemutatták. Az érintett témák széles spektrumát mégis a hegyrendszerek meteorológiai vonatkozásai tették összefüggővé s ennek megfelelően túlnyomó volt az ún. mezoszkálájú szubszinoptikus, valamint a kistérségű folyamatokat tárgyaló előadás. A konferencia teljes anyaga a hagyományokhoz híven külön kiadásban (a rendezőség tájékoztatója szerint 1 éven belül) megjelenik.

A konferencia szakmai programjában szerencsésen ötvöződött az Alpok közel évszázados időjárás- és éghajlatkutatása iránt megnyilvánult tisztelet, az ismert nevű kutatóknak, a meteorológia „nagy öregjeinek” megbecsülése és az utódoknak, a megjelent fiatal kutatóknak a modern meteorológiai irányzatokat követő, mindenképpen szimpatikus bemutatkozása. Pozitívan értékelhetjük annak a baráti légkörnek kialakítását és fenntartását is, amely a 12 országból összejejt több száz szakember tudományos és személyes kapcsolatát elmélyítette.

Az Alpok meteorológiájának széles körű speciális és általános gyakorlati vonatkozásai a témakör érdeklődési körébe vonták a meteorológiai szolgálatok, az egyetemi és akadémiai kutató bázisok szakembereit és az egyes országok meteorológiai társaságait. A meteorológusoknak és a meteorológia iránt érdeklődőknek ilyen komplex érdeklődésű összetétele, a különböző korosztályok találkozási, családtagok részvétele a gazdag társadalmi és kulturális programban, a hatóságok (Rauris-község és Salzburg-tartomány) érdeklődő bekapcsolódása az ünnepi ülések programjába — a kis alpi község meghitt és barátságos, a vendéget és a tudományt tisztelő környezetében —, nagyon színessé és tartalmassá tette a példásan rendezett 14. Nemzetközi Alpi Meteorológiai Konferenciát.

Béll B.

*

RENDSZERSZEMLÉLET A NÉPGAZDASÁG FEJLESZTÉSÉBEN

Rendszerszemléleti konferencia '76 címmel az MTESZ Neumann János Számítógéptudományi Társaságának Rendszerméleti Szakosztálya és a Társaság Soproni Szervezete, valamint az MTA Rendszerkutatói Komplex Bizottsága 1976 szeptember 6–10. között Sopronban nagyszabású ülésorozatot rendezett. A mintegy kilencven előadás két helyen, három szekcióban és három plenáris ülésen hangzott el. Szeptember 8-án délután az „A” szekció „Környezetvédelem” témájú ülésén

Czelnai Rudolf elnöklete alatt a következő előadásokra került sor:

Gerle György „Néhány rendszerelméleti megállapítás a környezeti problémák kutatásához és megoldásuk szervezéséhez”. Az előadó az ökológia ökonómijára hívta fel a figyelmet. Rámutatott, hogy a környezeti ártalmak elleni védekezés kutatási és szervezeti rendszere ma még sehol sem épül egységes, logikai-rendszertani elméletre. A környezeti ártalmak, hatások közös jellemzője, hogy mindegyikük valamilyen „forrásból” indul ki, s egy vagy több „intermedier közeg” közvetítésével, rendszerint bonyolult „hatásláncolat” útján jut el a „receptorig”, amelyben sajátosságmódosulást és valamilyen reakciót vált ki. Célszerű a források, az intermedier közegek, a hatásláncolatok és visszacsatolásuk teljes körű elemzésével, egy komplex input-output rendszer kidolgozása. A receptor fogalmának és szerepének bevonásával a folyamatmodell az előadó főmonitotta, mert a hazai elemzések a receptor figyelembevételéig ideig el sem jutottak.

Szesztay András „A környezetügy célrendszere az állami társadalmi fejlődés eszközrendszerében”. Az előadó a szociológus szempontjából fontosnak ítélte a vonatkozásokra, összefüggésekre hívta fel a figyelmet.

Veress Gábor – Pungor Ernő „Rendszerszemléletű környezetvédelem-irányítás”. Az előadás azt az állandóan érvényesülő, de kellőképpen nem tudatosított tényre hangsúlyozta, hogy a társadalmi igények maximális kielégítése érdekében folyó fokozott termelés és a környezet védelme két egymással ellentétesen ható folyamat, de mindkettő egyformán fontos. Sem az egyik, sem a másik igény maximális kielégítése nem lehet cél, csak összehangolt, tudatos, szervezett formában működő irányító tevékenység útján tartható fenn bizonyos egyensúly.

Czelnai Rudolf „Meteorológia, rendszer szemlélet, környezetvédelem”. Az előadó a környezetvédelem és a meteorológia kapcsolatának rendszerszemléletű közelítését tárgyalta. Rámutatott, hogy a Meteorológiai Világszolgálat rendszeréhez és az OMSZ belföldi megfigyelő-távközlő és adatfeldolgozó rendszeréhez hasonló elvek alapján volna felépíthető a környezetvédelem egész területét átfogó információs rendszer.

Kovács Endre – Sárdi György „Gondolatok a környezetvédelem szabályozási rendszeréről”. Blokkdiagramot mutatott be, amely a környezetvédelem témakörébe tartozó jelenségeket, tevékenységeket és szervezeteket foglalta rendszerbe, rögzítve a történetileg eddig kialakult helyzetet. Ezen túlmenően ismertették elképzelésüket a környezetvédelem komplex információs és döntési rendszerének felépítésére vonatkozóan.

Götz Gusztáv – Czövekné Kaba Magdolna – Faragó Tibor – Triznya József „Számítástech-

nikai rendszer meteorológiai adatok tárolására és feldolgozására”. Az előadás a meteorológia egyik legkorszerűbb problémájához kapcsolódott: amennyiben a gyors és eredményes kutatások és szolgáltatások alapját jelentő meteorológiai adatbank létrehozásának terveiről nyújtott ismertetőt, majd az adatbázis jelenlegi szintjén már megvalósítható hosszú távú előrejelzések programrendszerét mutatta be.

Koltai Tamás „Az adatbankok néhány szemléleti kérdéséről, különös tekintettel egy környezetvédelmi adatbankra”. Az előadó kifejtette, hogy az „adatbank” egyszerre információfeldolgozási szemléletmód és logikai elem. Rámutatott arra, hogy ez a szemlélet a modellezővel szemben milyen követelményeket támaszt. Gondolatmenetét a környezetvédelmi adatbank egy lehetséges rendszertervén mutatta be.

A meteorológia tudománytörténetében fordulatot, apró határkövet fedezhet fel a gondolkodó szemlélő ebben az üléssorozatban, mert – bár szűk körű, de hozzáértő – nyilvánosság előtt, Magyarországon először hangzott el ilyen tudatosan és meggyőzően, hogy a meteorológiai megfigyelő, távközlő és adatfeldolgozó rendszer mind világ-, mind hazai vonatkozásban példaként, sőt eszközeivel és szervezeteivel konkrét alapot szolgálhat a környezetvédelmi információgyűjtő, továbbító, feldolgozó és tároló rendszerek megszervezéséhez.

Lőrincz A.

*

HÁTTÉR-LÉGSZENNYEZŐDÉST MÉRŐ ÁLLOMÁSOK SZERVEZÉSE AFRIKÁBAN

A Meteorológiai Világszervezet konzultánsaként Mészáros Ernő, a KLFÍ igazgatója, 1976 június – júliusában négy afrikai országban járt látogatásban: Elefántcsontpart, Szenegál, Marokkó és Tunézia. Útjának célja regionális háttér-légszennyeződést mérő állomások szervezése volt. Az utóbbi időben a WMO jelentős erőfeszítéseket tesz, hogy légszennyeződést mérő hálózatát bővítse. Az ún. regionális állomások minimális programja a csapadékvíz kémiai összetételének (sivatagos területeken a légköri aeroszol-részecskék kémiai összetételének), illetve a légköri homályosságnak méréséből áll.

Mészáros Ernő a fenti országokban ilyen típusú mérések bevezetésének lehetőségeiről tárgyalt részben a meteorológiai szolgálatok, részben a környezetvédelemmel foglalkozó minisztériumok illetékes képviselőivel. A tárgyalások eredményeként mind a négy ország elvileg elhatározta, hogy területén egy-egy regionális háttérállomást létesít. Szenegálban és Tunéziában az állomás helyét is sikerült kijelölni. Az érdekes utazás így hasznos, pozitív eredménnyel zárult.

Nagy Á.

ÓZON-SZIMPÓZIUM DREZDÁBAN

A Német Demokratikus Köztársaság Tudományos Akadémiájának Geodéziai és Geofizikai Nemzeti Bizottsága 1976. augusztus 9–17 között egyeztetett szimpóziumon foglalkozott az ózon és a légköri kémia, valamint a globális szennyeződés problémájával. A szimpóziumot támogatta a Nemzetközi Meteorológiai és Légkörfizikai Együtműködés (IAMAP) Ózonbizottsága, valamint a Légköri Kémiai és Globális Szennyeződési Bizottság (ICACGP), a Meteorológiai Világszervezet (WMO), továbbá a Nemzetközi Geomágneses és Aeronómiai Egyesülés (IAGA).

A szimpóziumon 28 ország kutatói vettek részt, 116 előadás hangzott el, a magyar meteorológiai szolgálatot *Borbély Edit* képviselte. Az előadások a következő témaköröket ölelték fel:

1. Új műszerek kifejlesztése a teljes ózontartalom és a vertikális profil mérésére, 2. A légköri ózon időbeli és térbeli eloszlása és változása, 3. Az ózontartalom és az általános cirkuláció közötti kapcsolat, 4. A nyomelemek meghatározása és mérése, 5. Az ózon szállítására és a fotokémiai reakciókra vonatkozó elméleti modellek felállítása, 6. Az ozonoszférára vonatkozó antropogén hatások, 7. A troposzférikus ózonháztartás kérdése.

Az 1920-as években konstruált, az akkori technikai feltételeknek megfelelő, ma azonban kissé már korszerűtlenné vált Dobson spektrofotométer helyett az USA-ban, Új-Zélandban és a Német Szövetségi Köztársaságban szűrővel ellátott ózommérő készülék készítésével kísérleteznek. Üzemi gyártása természetesen még nem kezdődött meg, jelenleg kísérleti méréseket végeznek velük. Többféle ózonszonda készítéséről is hírt adtak, így az NDK elektrokémiai, az NSZK krómbevonatú szűrővel működtetett, és egy olyan egyesített ózonszondáról, amely az ózon és a vízgőz eloszlását is méri.

Az ózon vertikális profiljáról az ózonszondákkal, rakétákkal és mesterséges holdakkal már igen sok adatot nyertek. Az elmúlt évben a német és szovjet együttműködés keretében készített INTERKOZMOSZ-11 elnevezésű mesterséges holddal is történtek mérések.

Számos modellt készítettek az ózon koncentrációjának, ill. keverési arányának a megállapítására. Az egyenletek bizonyos tagjaira vonatkozóan azonban igen sok korlátozást kell bevezetni, így a számítás egyelőre még pontatlan.

Sok előadás foglalkozott a légkörbe juttatott szennyezőanyagoknak az ózonpajzsra vonatkozó hatásával. Az ipari származékú vegyi anyagok igen nagy mennyiségben kerülnek fel a levegőbe és a nitrogénoxidok, valamint a halogénezett szénhidrogének (freon-11 és freon-

12) katalitikus ciklusuk során sok ózonomolekulát bomlasztanak el. A repülőgépjáratok sűrítése szintén veszélyezteti az ozonoszférát. Az ózonréteg csökkenése maga után vonja az ultraviola sugárzás megnövekedését, amely a földi élővilág jelentékeny károsodását idézheti elő. Az ózonréteg jövőjére vonatkozóan egyelőre csak becslések vannak, több mérés és több idő szükséges ahhoz, hogy a szennyezőanyagok keletkezésének trendjét megismerjük és ebből következtetéseket vonjunk le.

A német kollégák gondos szervezése következtében a mintegy 300 fő részvételével rendezett szimpóziumon zavartalanul folyt le minden szervezett program.

Az első nap estéjén a Zwinger étterem különtermében *H. Peschel* az NDK Geodéziai és Geofizikai Nemzeti Bizottságának az elnöke fogadást adott a résztvevők tiszteletére. Egész napos kirándulás keretében a Szász-Svájc festői szépségű vidékének legnevezetesebb helyeit bejárva egy szabadtéri előadás megtekintésével fejeződött be a kulturális program. A megnyitó ülésen a szimpózium résztvevői néma felállással adóztak a 87 éves korában, ez év tavaszán elhunyt *Dobson* professzor emlékének.

Borbély E.

*

A GARP ÚJ ALPROGRAMJA: LÉGÁRAMLÁS HEGYEK FÖLÖTT ÉS HEGYEK KÖRÜL

Az *Időjárás* 1976. évi 5. számában (295–298. oldal) részletesen beszámoltunk azokról az előkészítő munkálatokról, amelyek a domborzat és a légáramlás közötti kölcsönhatásokat tanulmányozó GARP-alprogram bevezetésére irányultak. Az előkészületek befejező stádiumát az a tervtanulmány képviselte, amelyet a szakértők a jugoszláviai Sveti Stefan-ban 1976 májusában rendezett szakkonferenciát követően dolgoztak ki.

A tervtanulmány a GARP egyesített szervező bizottsága (JOC) elé került, amely azt a Nairobi-ban 1976. június 24. és 30. között megrendezett XII. ülésén vitatta meg. A JOC elismerte, hogy a tanulmányban említett fő orografikus hatások figyelembevétele hasznos lehet a különböző GARP-programok keretében folyó tevékenység megtervezésénél, beleértve a globális skálájú folyamatok numerikus modellezését. A bizottság ezért jóváhagyta azt a javaslatot, hogy a *Légáramlás hegyek fölött és hegyek körül* a GARP egyik alprogramja legyen.

Ami azt a javaslatot illeti, hogy a regionális megfigyelési kísérletek színteréül az Alpok térségét célszerű választani, a JOC hangsúlyozta, hogy meteorológiai szempontból más földrajzi tartományok – mint pl. Dél-Amerikában az

Andok, Észak-Amerikában a Sziklás-hegység és Ázsiában a Himalája körzeté — ugyanilyen súllyal kerülhetnének számításba. Mindazonáltal a bizottság támogatja a tervtanulmányban szereplő javaslatot, mivel az Alpok térségében már jelenleg is meglehetősen sűrű megfigyelőhálózat működik, továbbá, mivel az Alpok környékén elhelyezkedő államok határozott érdeklődést tanúsítanak az FGGE operációs évét követően tervezett kísérletekbe történő aktív bekapcsolódásra.

A JOC a *Légáramlás hegyek fölött és hegyek körül* alprogram tevékenységének továbbfejlesztésére bizottságon belüli testületet hozott létre, amelynek elnökéül *A. Wain-Nielsen*-t nevezte ki, a testület meghívott szakértőiként pedig *F. Mesinger*-t és *R. Hide*-ot kérte fel.

Götz G.

✱

A WMO 2. NEMZETKÖZI IDŐJÁRÁS-MÓDOSÍTÁSI TUDOMÁNYOS KONFERENCIÁJA

A Meteorológiai Világszervezet 1976. augusztus 2–6. között Boulderban (Colorado, USA) időjárás-módosítási konferenciát rendezett. A szervezésbe a WMO-n kívül, a Nemzetközi Meteorológiai Asszociáció és az Amerikai Meteorológiai Társaság is bekapcsolódott. A 175 résztvevő (a hivatalos jegyzék szerint) számos országból érkezett azzal a céllal, hogy tudományosan értékelje a különböző helyeken folyó kísérleteket. Magyarországot a konferencián *Mészáros Ernő* képviselte. Az előadásokat a következő szekciókban tartották meg: 1) Csapadéknövelés pozitív hőmérsékletű felhők esetén, 2) Csapadéknövelés negatív hőmérsékletű felhők esetén, 3) Jégeső-elhárítás, 4) Egyéb típusú időjárás-módosítás, 5) METROMEX (a nagyvárosok hatása a meteorológiai jelenségekre), 6) WMO csapadéknövelési terve (angol rövidítése PEP), 7) A kísérleti területen kívüli hatások, 8) A műholdak és az időjárás-módosítás, 9) Nukleáló anyagok és diffúziójuk, 10) Az időjárás-módosítás hatásai.

A hazai szakembereket főleg a jégeső-elhárítással kapcsolatos előadások érdekelhetik, ezért elsősorban ezeket említjük meg. Továbbra is az a helyzet, hogy sikerrel csak a Szovjetunióban folynak jégelhárítási kísérletek, így számos ország igyekszik a szovjet módszert bevezetni (pl. argentin kutatók számoltak be ilyen kísérletekről).

I. I. Burtsev beszámolója szerint a Szovjetunióban a védekezés 1975-ben több mint 4 millió hektáron folyt. 1971 és 1975 között ezeken a területeken (a kontroll-területre vonatkoztatva) a jégkárokat 1/3, 1/4-ére csökkentették. Az Egyesült Államokban ezzel szemben az ún. „National Hail Research

Experiment” 1972–74-es eredményei lényegében negatívak (*A. B. Long, E. L. Crow* és *A. W. Huggins* előadása). Az amerikai kísérletek metodikailag különböznek a szovjet kísérletektől (az amerikai kísérletek többségénél a reagenst a felhőalpnál repülőgépről bocsátották ki, és csak 1974-ben használtak repülőgépről kilőtt rakétákat is). *D. Atlas* amerikai kutató véleménye szerint azonban (aki „A jégelhárítás jelene és jövője” címmel tartott előadást) az eltérő eredményeket nemcsak módszertani és klimatológiai eltérések, hanem felhőfizikai hatások is okozhatják.

Nemzetközi szempontból a konferencia jelentős eseménye volt *R. List* professor (a WMO Időjárás-módosítási Bizottságának kanadai elnöke) beszámolója a PEP programról. Mint elmondotta, ez lesz az első, nemzetközi szerv által irányított csapadékmódosítási kísérlet. Mind a tervezésnél, mind a kivitelezésnél és értékelésnél a legkorszerűbb és legtudományosabb elveket, illetve eszközöket fogják alkalmazni. A kísérlet időtartama legalább öt év lesz, ami lehetővé teszi a megfelelő statisztikus értékelést. Az eddigi vizsgálatok alapján hat országot választottak ki, amelyek egyikén lesz a kísérleti terület: Spanyolország, Algéria, Tunézia, Törökország, India és Ausztrália. Ezekben az országokban az évi átlagos csapadékmennyiség általában 600–700 mm, ami kedvező a kísérletek szempontjából. A végleges választáshoz felhőfizikai és további klimatológiai (a módosítható felhők gyakorisága) vizsgálatok szükségesek. Az sem utolsó szempont, hogy melyik országban a legkedvezőbbek a technikai feltételek.

A konferencia az ún. nem óhajtott időjárás-módosítási (pl. légszennyeződés miatt) kérdésekkel csupán az 5. szekcióban foglalkozott. Ennek keretében egyetlen előadás hangzott el (*R. R. Braham*). Ebben az előadó a St. Louis (USA) környékén végrehajtott jelentős program (METROMEX) felhőfizikai vonatkozású eredményeit foglalta össze. A várakozásnak megfelelően a város által befolyásolt levegőben a felhősepek koncentrációja nőtt, több kis csepp volt, mint a kontroll területek fölött és az eloszlás maximuma kihangsúlyozottabb volt. Ennek ellenére, a várakozással ellentétben, ezekben a felhőkben előbb jelentek meg a radarernyőn csapadék-visszhangok, ami *Braham* professzor véleménye szerint, a szintén megfigyelt több nagy cseppnek tulajdonítható. Ez utóbbiak valószínűleg antropogén, óriás higroszkópos magvakon keletkeztek.

Az előadásokat minden esetben élénk vita követte. Ez azonban nem tudta feledtetni azt a tényt, hogy az utóbbi években ezen a területen lényeges előrelépés, e sorok írójának véleménye szerint, tulajdonképpen nem történt. Ilyen előrelépés még intenzívebb felhőfizikai és felhődinamikai kutatások után várható.

Mészáros E.

SZIMPÓZIUM A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁRÓL

Az energiahordozók világgiazi árának az utóbbi években történt gyors emelkedése a szakemberek széles körét irányította a napenergia felhasználásának alaposabb vizsgálatára. Részben az említett áremelkedések, részben a technikai fejlődés fokozatosan kifizetődővé fogják tenni ennek az energiának iparszerű hasznosítását, legalább is a Föld bizonyos éghajlati zónáiban. Ez volt az indítéka annak, hogy a WMO és az UNESCO együttes szervezésében 1976. augusztus 30–szeptember 3. között szimpóziумot rendezett Genfben meteorológusok, Nap-kutatók és mérnökök részvételével. Az ülésről a WMO sajtótájékoztatója alapján állítottuk össze az alábbi ismertetést.

A szimpóziумon két alapvető kérdés körül csoportosultak az előadások: *a)* milyen módon alakítható át a napenergia; *b)* milyen követelmények vannak a sugárzásméréssel szemben, hogy a napenergiát a leggazdaságosabban hasznosítsák. Ezeken kívül, minthogy mind a két szervező intézmény nemzetközi szervezet, kidolgozták a napenergia hasznosítás terén folytatandó együttműködés irányvonalát.

A napenergia hasznosításának jelenleg három módszere ismeretes:

1. A *termikus átalakításra* ma már elég sokféle berendezést kifejlesztettek. Ezek, különösen a trópusi, szubtrópusi vidékeken, vezetékes árammal el nem látott vidékeken már most versenyképesek a hagyományos áramfejlesztőkkel. E kis berendezéseket vízvivattyúzásra, vízmelegítésre (trópusi kórházak), főzésre, légkondicionálásra, desztillálásra és áramfejlesztésre használják. Tömegtermelés esetén trópusokon kívüli területeken is lehet számítani elterjedésükre lakások fűtésénél vagy légkondicionálásnál, de a változókéony sugárzási viszonyok miatt csak kiegészítő, helyettesítő berendezésként. Ilyen szempontból is jelentősek a napenergia előnyei: tiszta, nem szennyezi a levegőt és lehetővé teszi más tüzelőanyagok megtakarítását.

2. A *fotoelektromos módszerek* (napelemek) elsősorban az űrkutatásban terjedtek el, így a meteorológiai műholdak energiaforrásául is ezek szolgálnak. Földi hasznosításuk egyelőre nem kifizetődő, de egyes előrejelzések szerint a technológiai fejlesztés eredményeként néhány évtizeden belül ezt is reális variánsként vehetjük figyelembe.

3. A napenergia „tartósításának” legolcsóbb, de sok tekintetben korlátozott módja a *fotoszintézis*. Fákban, növényekben jelentős energiakészletek halmozhatók fel, későbbi felhasználásra.

A szimpóziум lehetőséget adott arra, hogy a meteorológusok tájékoztatást kapjanak az mérnököktől, milyen sugárzási adatokra és

egyéb meteorológiai információkra van szükségük a különböző hasznosítási formák gyakorlati alkalmazásához. Kiderült, hogy új mérési technikára, fejlett hálózatra, olcsóbb műszerekre van szükség, és hogy nagyobb figyelmet kell szentelni a légköri homályosság mérésére.

Ambrózy P.

*

NEMZETKÖZI FELHŐFIZIKAI KONFERENCIA

A Nemzetközi Geofizikai és Geodéziai Unió Meteorológiai és Légkörfizikai Asszociációjának Felhőfizikai Bizottsága, az Amerikai Meteorológiai Társaság és NOAA támogatásával, 1976. július 26. és 30. között Boulderban (Colorado, USA) Nemzetközi Felhőfizikai Konferenciát rendezett. A konferencia elnöke *H. K. Weickmann* neves amerikai felhőfizikus, a Felhőfizikai Bizottság tiszteletbeli tagja volt. Magyarországot az ülésen e sorok írója képviselte.

A Nemzetközi Program Bizottság számára a legnagyobb problémát a javasolt előadások nagy száma jelentette. Végül is az a megoldás született, hogy csak viszonylag kevés javaslatot utasítottak vissza, amiből az következett, hogy az előadásokra és a vitára kevés idő maradt.

A bevezető előadásokon kívül (*V. E. Suomi*, USA: „Felhők a külső térből: a kutatások új távlatai” és *H. D. Orville*, USA: „A numerikus modellezés hatása a felhőfizikai kutatásokra”) a konferencián a következő szekciókban hangzottak el előadások (kb. száz): *1)* A felhőcseppspektrum kialakulása, *2)* Jégmag mérési módszerek, *3)* Hidrometeorok mikrofizikája, *4)* Felhőfizikai folyamatok, *5)* Műholdas megfigyelések, felhőrendszerek, felhőklimatológia, *6)* Csapadékfizika, *7)* Felhőfizikai műszerezettség.

A legtöbb beszámolót az 1. és 3. részben tartották, ami arra utal, hogy sok helyen még ma is elsősorban mikrofizikai kutatásokat végeznek.

A magyar előadásra (*Bónis K., Koflanovits E., Mészáros Á., Mészáros E.*: „A felhőcseppek kondenzációs növekedésének egyszerű numerikus szimulálása”) az első szekcióban került sor. A 3. szekciót *A. Borovikov*, a nemrég elhunyt neves szovjet felhőfizikus emlékének szentelték.

A konferencia egyik lényeges vonása az volt, hogy viszonylag sok előadás (az egyik bevezető referátum is) foglalkozott a felhőfizikai folyamatok numerikus modellezésével. Kiderült továbbá, hogy méréses technikai vonatkozásban új, korszerű berendezések (pl. műholdak, különböző lézerek) állnak a kutatók rendelkezésére és ezeket sikerrel alkalmazzák is. A leglényegesebb azonban egy új, fiatal kutató-

generáció jelentkezése volt, akik máris elismerésre méltó hozzájárulást tettek tanúbizonyságot. Lényegében ez az a terület, és nem elsősorban a GGO technika, ahol hazai vonatkozásban elmaradás mutatkozik. Ezen lehetőségeinket és adottságainkat figyelembe véve, mielőbb változtatnunk kell, mivel csak így tudunk lépést tartani a légkörfizika ezen igen fontos, de ugyanakkor igen komplex és bonyolult ágának fejlődésével és csak így válhat lehetségessé a nemrég indult magyar időjárás-módosítási (jégelhárítási) kísérletek kiszélesítése és korszerű szinten tartása.

A konferencia idején a Felhőfizikai Bizottság, *Hüschfeld* professzor (Kanada) elnöklétével ülést tartott. Az ülésen a bizottság tagjai, többek között megállapodtak abban, hogy a következő nemzetközi felhőfizikai konferencia 1980-ban Clermond-Ferrand-ban (Franciaország) lesz. A következő nukleációs konferenciára viszont jövőre Galway-ben (Írország) kerül sor.

Mészáros E.

*

D IFFÚZIÓKLIMATOLÓGIA TANULMÁNYÚT LENINGRÁD-BAN

1976. július 19. és 27. között *Iványi Zsuzsanna*, a Központi Légkörfizikai Intézet tudományos munkatársa a TESCO szervezésében tanulmányúton vett részt a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatának Geofizikai Fő-obszervatóriumában (GGO). A tanulmányút célja a diffúzióklimatológiai osztályon folyó széles körű tevékenység megismerése, az elméleti és kísérleti kutatómunka tanulmányozása volt. A GGO munkatársainak készséges tájékoztatása, figyelmessége és segítsége révén a tanulmányút célja megvalósult.

A Szovjetunióban a légszennyezettséget és a diffúzióklimatológiai paramétereket mérő hálózat követésre méltóan magas szinten áll. Leningrádban a légszennyezettség szintjének ellenőrzése automatizálva van. Az ellenőrzőrendszer 15 pontból áll. Valamennyi helyen mérik az SO_2 és CO koncentrációt, valamint a szélesebséget, szélirányt, a hőmérsékletet és a nedvességet. A nagyobb városokban 10–20 km^2 -enként, a közepes méretű városokban 5–10 km^2 -enként van légszennyezettség-mérő pont, ezeket időszakonként sűrítik. Leningrádban összesen 45 pontban mérik a különböző anyagok koncentrációs értékeit.

A megfelelő mérőhálózat lehetővé teszi, hogy a Szovjetunió számos területére a légszennyeződési számításokhoz szükséges meteorológiai adatok nomogramok formájában megvannak.

Érdekes és tanulságos tájékoztatást adott *E. L. Gjenyhovics* a légszennyező anyagok terjedésének elméleti kérdéseiről. *Gjenyhovics* szerint a szennyezőanyag-koncentráció szélre

merőleges irányú szóródási tényezői helyett [δ_y , δ_z] sokkal célszerűbb és eredményesebb a turbulens-diffúziós koeficiensek (K) használata a számításokban.

A nálunk még kidolgozásra váró két fontos témáról – a légszennyeződés-potenciál meghatározása, valamint a légszennyeződés előrejelzése – hasznos információkat és jelentős segítséget nyújtott *Klínko* és *Szonykin*. A légszennyeződés-potenciál a legkedvezőtlenebb meteorológiai elemek gyakoriságával meghatározott koncentráció „normált” értéke. Ha sikerül ezt Magyarország különböző területeire meghatározni, lehetővé válik az ország diffúzióklimatológiai körzetesítése.

A Szovjetunióban jelenleg, egyelőre még kísérleti jelleggel, 40 városra készítenek 8–10 órára érvényes légszennyeződési előrejelzést. *Szonykin* két előrejelzési módszerrel ismertette meg. Az egyszerűbb módszer statisztikai összefüggésekre épül, beválási valószínűsége 75%. A másik módszer legalább 3 éven keresztül mért adatok alapján készített prognosztikai grafikonokon alapul, beválási valószínűsége 85–90%. Az itthoni mérési lehetőségek figyelembevételével a légszennyeződés fenti előrejelzési módszerei közül hazai alkalmazásra, a statisztikai módszert javasoljuk.

Iványi Zs.

*

AGROMETEOROLÓGIAI TANULMÁNYÚT A SZOVJETUNIÓBAN

1976. augusztus 25-től szeptember 7-ig a Központi Légkörfizikai Intézet tudományos munkatársa, *Ábrányi Andor* tanulmányúton járt a Szovjetunióban; az Össz-szövetségi Növénynevelési és Genetikai Intézetben Gyegyszában, valamint az Agrofizikai Intézetben Leningrádban.

Célja a növények fejlődésének és növekedésének, ezek genetikai és környezeti feltételeinek matematikai elemzésének és modellezésének tanulmányozása volt, majd közös kutatási terv összeállítása az 1976–1980. évekre. A termés környezeti feltételektől függő modellezés igen jelentős, mivel egyes növényeknél adott fajták csak 4–5 évig vannak köztermesztésben, így a várható produktum csak kis számú kísérlet alapján, agro-öko-klimatológiai modellek segítségével optimalizálható.

Az egyesszai intézetben a kiküldött *A. Smálicov*-al, a számítóközpont vezetőjével a különböző kísérleti elrendezések beállításáról és elemzéséről, valamint a növények gyarapodásának matematikai módszereiről tárgyalt. Ugyanitt lehetőség nyílt egy második generációs digitális adatgyűjtő üzemeltetésével kapcsolatos problémák megbeszélésére is.

A közös tervekben többek között szerepel a gabonafélék termésképződésének matematikai modellezése gyakorlati terméselőrejelzéshez;

módszerek kidolgozása multifaktoriális kísérletek beállításához és elemzéséhez; a megfigyelések számának minimalizálása adott feladat megoldásához.

Leningrádban R. Poluektov professzor ismertette a 24 fős (16 fizikus, matematikus, biofizikus, 8 asszisztens) Matematikai Modellezési Osztály munkáját. Fő feladatuk az agro-ökológiai modellezés, melynek alapja a fotoszintézis, vízforgalom, ásványi anyag felvétel, sugárzás egyenleg komplex szimulálása. Igen alaposan vizsgálják (digitális adatgyűjtő) a növényállomány – mikroklíma-szerkezet kölcsönhatását. Az egyes mérésekhez szükséges érzékelők nagyrészt az Agrofizikai Intézetben állítják elő.

A tanulmányút nagy segítséget nyújt a már megkezdett hazai modellezési munkában, különös tekintettel a gazdaságilag hasznosítható irányok fejlesztésére. Az eredmények és módszerek átadása meggyorsítja munkánkat, ennek érdekében a közeljövőben hazánkba látogató Poluektov professzor valószínűleg egy-két napot az OMSZ-nál is eltölt.

Ábrányi A.



25 ÉVES A FÖLDRAJZTUDOMÁNYI KUTATÓ INTÉZET

A magyar földrajzkutatásnak – annak ellenére, hogy eredményei mindenkor ismertek és értékeltek voltak világszerte – a felszabadulás utáni évekig nem volt önálló kutató intézménye, nem tekintve egyetemeink földrajzi tanszékeit. Ha mégis beszélhetünk egységes elvi és szakmai jellegű, szinte tervszerűnek mutató földrajzi kutatásokról ebben az időszakban, akkor ezt csak részben tekinthetjük a külföldön és idehaza is általánosan divó, a felfedező, expedíciós, experimentális földrajzkutatás hatásának. Sokkal inkább érvényesült ezen a téren az 1872-ben alapított Magyar Földrajzi Társaság kiegyenlítő, kutatási irányokat szelektáló szerepe, amelyet elsősorban rangos folyóirata, a Földrajzi Közlemények révén töltött be.

A második világháború után, az ötvenes évek kezdetére, a társaságnak és folyóiratának ez a szerepe megszűnt. Súlyuk, jelentőségük nem csökkent, de inkább csak követték, tükrözték a legújabb kutatási eredményeket, mintsem egyeztették, szelektálták magukat a kutatásokat. Jellemző volt ez a változás tudományos közéletünkben korábban hasonló szerepet játszó, csaknem minden tudományos egyesületünkre, folyóiratunkra. A felszabadulás után – amikor a ma működő kutató intézetek 92%-a, de a tudományos egyesületeknek csak 46%-a jött létre –, a földrajzkutatás sorsa is hasonlóan alakult. Az 1951-ben a Földrajzi Könyv- és Térképtárból átszervezett Földrajztudományi Kutató Csoport (1965-től Földrajztudományi Kutató Intézet) már nem a tan-

székek kutatási profiljából kiinduló, az addig egyetlen szakmai folyóirat lektori-szerkesztői munkája révén kialakított témák közlésére törekedett, hanem áttekintve és számbavéve Magyarország földrajzi megismerésének addig elért eredményeit, kitűzte a népgazdaság fejlesztésével összhangban álló, azt előmozdító legfontosabb saját feladatait. Elindult azon az úton, amelynek negyedszázad elteltét jelző, mindenkit megállásra és elismerésre készítő mérföldköve – most már csak dokumentumokat, számokat sorolva fel igazolásul –, az a közel 1400 könyv, tervtanulmány, monográfia, folyóirat-cikk, egyetemi doktori értekezés és szakvélemény, amelyet az Intézet kutatói e negyedszázad alatt elkészítettek. Röviden összefoglalni azokat a témákat, amelyeket a felsorolt változatos publikációs-formák magukba foglalnak, aligha lehetne találébban, mint azt Pécsi Márton akadémikus a jubileumi tudományos ülészak zárszavában tette, amikor megjelölte azokat a legfontosabb kutatási irányokat, amelyeket a második 25 év kezdetén követ az Intézet: úgy kutatni tovább hazánk és a vele összefüggő területek domborzatát, természet- és gazdaságföldrajzi viszonyait, hogy az eredmények segítsék közelebb a megoldáshoz az általános és részletes területfejlesztési és környezetvédelmi feladatokat.

Az MTA dísztermében 1976. október 15-én tartott jubileumi tudományos ülészakon az előszóval elmondott, valamint levélben és táviratban kifejezett elismerések és szerencsekívánatok – köztük az OMSZ elnökének, Czelnai Rudolf akadémiai levezető tag üdvözlő sorainak – ismertetése után kormánykitüntetések átadására került sor (Szilárd Jenő és Lettrich Edít a Munka Érdemrend ezüst fokozatát kapta), Pécsi Márton, a Földrajztudományi Kutató Intézet igazgatója további, a jubileum alkalmából adományozott számos kitüntetést adott át a kiemelkedő munkát végzeteknek. Ünnepi beszédében a földrajz és a földrajzi kutatás szemszögéből tekintette át a 25 év eseményeit. Amit az ünnepi beszéd csak összefogóan, címszavakban tudott elmondani, azt az ünnepi programot követő 23 rövid, az Intézetnek szinte minden kutatóját szóhoz juttató előadás világította meg, gyorsan pergetve a témákat s igen változatos alkalmazva a tömörség következtében szükségszerűen jelentkező megértési nehézségeket enyhítő, oldó szemléltetést: térképet, grafikont, áttekintő statisztikai táblázatot stb. Jól segítette még a 25 év eredményeinek egységes képbe foglalását a teremben és a folyosókon bemutatott, jól megrendezett kiállítás is (térképek, könyvek és más dokumentumok).

A magyar meteorológusok ezúton is további eredményes és a múlthoz hasonlóan, az együttműködésre alkalmas és lehetőséget adó jó munkát kívánnak a fennállásának második negyedszázadába lépő Földrajztudományi Kutató Intézetnek.

Kéri Menyhért

AZ IDŐJÁRÁS ELŐREJELEZHETŐSÉGÉNEK KORLÁTAIRÓL

Koppány György, a Közp. Előrejelző Intézet osztályvezetője tartott előadást 1976. szeptember 16-án az MTESZ székházában. Előadásában kiemelte, hogy az objektív valóság a változásaival együtt csak akkor írható le egzakt pontossággal, ha a változásokat is meghatározó lényeges tulajdonságai konzervatívok. A Föld-légkör rendszerben a meteorológiai elemek 3-dimenziós mező általában nem konzervatívok, de bizonyos térszerkezeti elemeik (zonálisak, akciócentrumok) stabilitást mutatnak. Ezek, mint statisztikai tulajdonságok, értelmezhetők. Ha a légköri fizikai tényezők kevésbé, a statisztikai tulajdonságok inkább konzervatívok, akkor a légkör természetének nem a determinisztikus, hanem a valószínűségi előrejelzések felelnének meg jobban. Az időjárás megváltozását, a napi és az évi menetet leszámítva, a légköri mozgásrendszerek okozzák. A légköri mozgásrendszerek élettartama arányos az előrejelezhetőségük tartamával. Az előadó fontos következtetésekké jutott, feltételezve, hogy a légköri mozgásrendszerek kialakulásában közrejátszó dinamikai, energetikai tényezők a kialakulás időtartama alatt konzervatívok. Ezen feltétel mellett meghatározható a légköri mozgások frekvenciaspektrumának elméleti kiterjedése. A számítások szerint a légköri változások időtartamának felső határa 10^7 mp, a legrövidebb átalakulás időtartama pedig 1 mp vagy ennek tört része. A légköri energiaklust számos tényező befolyásolja, közülük egynek az erőteljes megváltozása a változások egész sorát idézheti elő. Az előadásból kitűnt, ameddig az indító hatás és a *feed-back mechanizmus* konzervatív, ultratávú tendencia-előrejelzés adható. Végül a különböző skálák kölcsönhatásának kérdésével foglalkozott az előadó. Bemutatta, hogy a kisebb skálájú mozgásrendszerek rövid élettartamuk alatt nem képesek olyan mennyiségű kinetikus energiát termelni, hogy jelentősen befolyásolhatná a nagyobb mozgásrendszer fejlődését. Az előadást tartalmas vita követte.

Maller A. J.

AZ MMT AGROMETEOROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK ELŐADÓI ÜLÉSE

Az MMT Agrometeorológiai Szakosztálya 1976. szeptember 23-án tartott előadói ülésén „A burgonyatermesztés körzetesítésének agroklimatológiai kérdései” címmel *Ajtay Ágnes* a KEI Agrometeorológiai előrejelző osztályának tud. főmunkatársa tartott előadást.

Az előadó először röviden ismertette Magyarország agroklimatológiai körzeteit, amelyeket a termikus övezetek és nedvességi zónák szintéziséből állított össze. Így a hallgatóság általános képet nyerhetett arról, hogy milyen éghajlati feltételek között fejlődik és hoz termést a burgonya. Ábránkon részletesen bemutatta az egyes hónapok (májustól szeptemberig) nedvességellátottsági körülményeit a *Szeljanyinov*-féle hidrotermikus koeficiens területi eloszlásának segítségével. Megállapította, hogy a burgonya fejlődésének kezdeti szakaszában egészen a virágzásig mind a hőmérsékleti, mind a nedvességellátottsági feltételek hazánk területén — a sokévi átlagok alapján megítélve — a burgonya éghajlati igényének szempontjából jó, és az Alföldön is kielégítő.

A gumóképződés szakaszában azonban sem a hőmérsékleti, sem a csapadékviszonyok az ország nagy részén optimálisnak egyáltalán nem mondhatók, ugyanis ebben a szakaszban a hőmérséklet 3–4 fokkal magasabb, a csapadék mennyisége 70–80 mm-rel kevesebb a kívánatosnál. A hidrotermikus koeficiens értékek az Alföldön és a Dunántúl keleti harmadában száraz területeket mutatnak (1,0 alattiak). Térképen bemutatta azokat a körzeteket, amelyek *éghajlati* szempontból alkalmasak, vagy csak *öntözéssel* alkalmasak a burgonya termesztésére.

Az előadást követő élénk vitát *Varga-Hasszonits Zoltán* az Agrometeorológiai Szakosztály elnöke vezette. A vita keretében az OMSZ részéről *Béll Béla*, *Kéri Menyhért*, *Szakály József*, a jelen levő mezőgazdasági szakemberek részéről *Bagdli Sándor* (Szeged), *Szakácsi Szabolcs* (Nádudvar) és *Vámosi György* (Budapest) fejtették ki véleményüket és konstruktív javaslatukat.

Dunay S.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA
A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel: 353-500

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



76.1803 Athenaeum Nyomda, Budapest — 1 ves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 48 Ft, a Meteorológiai Társaság tagjainak 24 Ft. Befizetés a 232-90 171-2494 tagdíjbefizetési számlán. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 8 Ft
