

Otra aplicación de las predicciones mundiales en el nivel de 850 hPa será el proporcionar las necesarias condiciones de contorno para los modelos de área limitada PNT de un único nivel, hasta que dichos modelos puedan ser sustituidos por otros mejores.

Conclusiones y recomendaciones

El Servicio Meteorológico de Malasia considera que los resultados de esta primera evaluación para la incorporación de productos a gran escala de la PNT en la predicción operativa rutinaria son bastante alentadores. Un importante obstáculo es la lentitud en la transmisión de los datos de muchos de los enlaces regionales del SMT. Recomienda firmemente que se dé prioridad a una mayor velocidad de transmisión para los principales boletines cifrados, de forma que los CMN de la región de la ASEAN dispongan de más tiempo para la utilización de estos productos de predicción; también debe considerarse la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de datos en estos circuitos regionales.

También recomienda que deben desarrollarse métodos de verificación objetiva, para continuar evaluando las predicciones de los modelos de escala mundial en las distintas estaciones del año y en diferentes situaciones sinópticas. Resulta necesario proyectar esquemas operativos de interpretación objetiva, de manera que las predicciones de los vientos tropicales puedan trasladarse con la mínima ambigüedad a los fenómenos atmosféricos locales. Por último, hay que trabajar en la expansión de los potenciales campos de aplicación de los productos a gran escala de la PNT difundidos a través del SMT.

LA UNION SOVIETICA COLABORA CON CUBA Y VIETNAM EN METEOROLOGIA TROPICAL

*Por Yu. S. SEDUNOV **

Introducción

El estudio de los ciclones tropicales es un elemento muy importante del programa de investigación de la meteorología tropical de la OMM. Muchos países tienen sus propios programas de investigación de los ciclones tropicales, y también hay acuerdos bilaterales o multilaterales en este sentido.

El interés de los científicos soviéticos en la zona tropical reside no sólo en los estudios de la circulación general de la atmósfera, para mejorar las técnicas de predicción a plazo medio y crear modelos climáticos, sino también por la demanda procedente del lejano este de la URSS, zona propicia a los tifones, que pueden causar daños considerables en las aguas litorales, a lo largo de la costa y a cierta distancia tierra adentro. Es por esta razón por la que, desde hace tiempo, varias instituciones científicas pertenecientes al Comité Estatal de la URSS para la hidrometeorología y la vigilancia del medio ambiente natural (Goskomgidromet) han estado realizando estudios sobre los ciclones tropicales. Se recopila y analiza la información sinóptica, se confecciona una familia de modelos numéricos de ciclones tropicales y estos modelos se van perfeccionando posteriormente. Es un método muy interesante que utilizando modelos de laboratorio revela importantes características sobre la formación y el ojo de los ciclones tropicales.

* Vicepresidente del Comité Estatal de la URSS para la hidrometeorología y la vigilancia del medio ambiente natural.

Entre los experimentos más importantes que se han emprendido figuran el Tifón-75 y el Tifón-78, en los que participaron simultáneamente cuatro o cinco buques científicos. Estos buques obtuvieron datos únicos relativos al mecanismo de interacción entre una tormenta tropical y el océano subyacente. Se observó, por ejemplo, que un ciclón inició un torbellino en la circulación oceánica y la perturbación que produjo pudo seguirse hasta una profundidad de 1.000 m. Se obtuvieron unos parámetros interesantes relativos al seguimiento de los ciclones tropicales sobre el océano, y logramos un mejor conocimiento de su estructura y de su energética.

Recientemente, se han formado dos nuevos grupos mixtos de especialización en meteorología tropical, cuya misión está orientada principalmente a la investigación sobre los ciclones tropicales: los laboratorios mixtos de meteorología tropical soviético-cubano y soviético-vietnamita.

Laboratorio mixto soviético-cubano

La idea de crear esta unidad data de 1977, cuando se llegó a un acuerdo entre el Goskomgidromet y la Academia Cubana de Ciencias para fundar un laboratorio conjunto en La Habana, aunque éste no llegó a ser una realidad hasta 1980. El laboratorio tiene una plantilla permanente de especialistas soviéticos y cubanos, dirigidos por dos codirectores (uno soviético y otro cubano). Sus principales misiones son:

- Recopilar, clasificar y archivar en soportes técnicos los datos históricos sobre los ciclones tropicales, con vistas a su ulterior utilización en la investigación o con fines operativos.
- Establecer un sistema de observación de ciclones tropicales utilizando datos de radar y de satélite.
- Mejorar las predicciones de la formación, el desarrollo y la trayectoria de los ciclones tropicales.
- Adquirir más conocimientos sobre la naturaleza de los ciclones tropicales (las condiciones asociadas con su formación, la estructura, la energética y la trayectoria), mediante experimentos a gran escala y modelización físico-matemática.
- Estudiar la posibilidad de intensificar la precipitación de las nubes en la zona tropical.



Científicos soviéticos y cubanos trabajando juntos en el laboratorio mixto de La Habana
(Fotografía: Goskomgidromet)

Esta gama tan amplia requería una sofisticada infraestructura para el laboratorio. El Instituto de Meteorología de la Academia Cubana de Ciencias aportó los locales, los aparatos y el ordenador, tanto para el laboratorio de La Habana como para los experimentos de verano realizados en Camagüey, donde había un radar MRL-5. En La Habana ya está montado el equipo de recepción de datos de los satélites y se halla en curso de instalación un ordenador ES-1022.

Con la mejora de las instalaciones para la investigación y la creación de un equipo de alta calificación internacional, se han abierto las posibilidades para la realización de una amplia gama de estudios teóricos y experimentales sobre los ciclones tropicales. En 1979 y en 1981, se realizaron con éxito trabajos de campo en el Caribe, de cuyos resultados se presentaron informes en varios simposios sobre meteorología tropical.

Laboratorio mixto soviético-vietnamita

La decisión de crear este laboratorio mixto fue tomada en 1980, por el Goskomgidromet y la Administración Principal del Servicio Hidrometeorológico de Vietnam. Se eligió Hanoi como lugar de emplazamiento del centro principal, con bases de investigación experimental en Da Nang y Ho Chi Min. El gobierno de Vietnam cedió un edificio especial para el laboratorio, en el centro de Hanoi, donde se ha terminado recientemente otro edificio para albergar el centro de cálculo. Lo mismo que en Cuba, el laboratorio está administrado conjuntamente por codirectores soviético y vietnamita.



Discusión de los resultados de una investigación en el laboratorio mixto soviético-vietnamita de Hanoi. El tercero y el cuarto por la izquierda son el autor y el Sr. Tran Van An, Representante Permanente de Vietnam en la OMM.

Los estudios de investigación siguen, en principio, líneas similares a los de Cuba. Progresan rápidamente la puesta al día y la gestión de los archivos de datos hidrometeorológicos; se trabaja en el establecimiento de un sistema de observación; y los científicos soviéticos y vietnamitas han completado algunos estudios de investigación de tipo teórico. Se adquirió un radar Meteorite-2, que ya funciona en Hanoi; hay radares MRL-2 trabajando en Hanoi y en Ho Chi Min; y se están haciendo preparativos para instalar radares MRL-5 en Fulien y Da Nang. En el transcurso de 1986 entrará en servicio un ordenador EC-1035, y los datos de satélites se reciben de forma rutinaria en Hanoi y en Ho Chi Min.

Entre los principales logros alcanzados hasta ahora están los trabajos de campo de verano de 1983 y 1984, para el estudio de las nubes tropicales y de los tifones. Los científicos soviéticos y vietnamitas efectuaron vuelos en un avión soviético de investigación IL-18D equipado para medidas microfísicas, con radar Doppler y sondas de medida de corrientes de aire y de turbulencia. Con estos vuelos se obtuvo un conjunto único de datos sobre la

estructura y la microfísica de las nubes tropicales, los campos de movimiento, la turbulencia, la visibilidad y otros parámetros. Durante la campaña de 1984, el avión penetró en la tormenta tropical *Warren*, lo que permitió hacer estudios detallados de su estructura a varios niveles.

Resultados obtenidos

Los pocos años transcurridos desde la creación de estos dos laboratorios han sido testigos de un notable brote de investigación científica de alto nivel profesional, con buenos augurios para el futuro. Las masas de mar y tierra que rodean a Cuba y Vietnam son zonas naturales únicas para el estudio de los ciclones tropicales, y la cooperación socialista entre los tres países y sus esfuerzos unidos conducirán indudablemente a avances más importantes en la ciencia, que tendrán valiosas aplicaciones prácticas.

El detalle de los resultados obtenidos fue presentado en los simposios internacionales celebrados en Nalchik (marzo de 1981), La Habana (diciembre de 1982) y Yalta (marzo de 1985). En los párrafos que siguen se da un breve resumen de estos resultados.

Se ha elaborado un método estadístico para la predicción de las trayectorias de los ciclones tropicales, que se utiliza en las operaciones de rutina. En este método se emplea la regresión múltiple, el desarrollo de campos en funciones ortogonales naturales, el análisis discriminante y el principio de predicción por analogía. Se ha avanzado en varios métodos numéricos para la predicción de trayectorias, de los cuales uno utiliza rejillas anidadas. Se consiguieron resultados interesantes utilizando modelos hidromecánicos semi-empíricos del movimiento de los ciclones tropicales, especialmente en lo que se refiere a la respuesta limitada de la predicción de la trayectoria a las pequeñas variaciones de los parámetros iniciales que describen el flujo general y el propio ciclón.

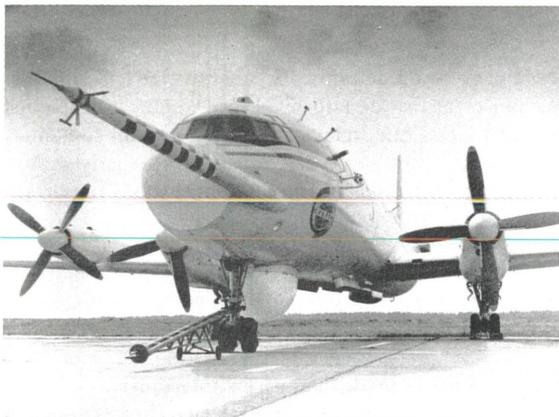
Se establecieron nuevos criterios para la determinación de la frecuencia de los ciclones tropicales y de las zonas en que se forman, y también se ha aclarado la función de los parámetros individuales que gobiernan la ciclogénesis. Utilizando la hidromecánica no lineal, se ha deducido una posible base para un modelo físico del mecanismo de disparo, que conduce a la formación de ciclones tropicales en las ondas del este y en la Zona de Convergencia Intertropical. Se están ideando métodos nuevos para la formulación de modelos teóricos del crecimiento de los torbellinos en la atmósfera.

Sigue progresando el trabajo de modelización del ciclo de vida de los ciclones tropicales. Se han desarrollado modelos para el cálculo de los procesos convectivos y de los que tienen lugar en la capa límite, que incluyen la interacción entre los ciclones tropicales y el océano. Se han perfeccionado los métodos de parametrización de la convección húmeda, y se ha aprendido más sobre las fases de desarrollo de las agrupaciones de nubes en los trópicos. Se esbozaron los medios para la realización de predicciones hidrodinámicas de la evolución de las tormentas tropicales.

Se ha llevado a cabo un intenso trabajo sobre la modelización de la formación de torbellinos que tengan la misma naturaleza de una tormenta tropical; se confeccionaron modelos para el estudio de las características de la estructura, la dinámica, la energética y la estabilidad de los movimientos turbulencia, y se comienza a trabajar en modelos de la formación de torbellinos en los flujos con cizalladura del viento y de los elementos principales de los ciclones tropicales, especialmente el núcleo central.

Se analizaron los datos experimentales (incluyendo observaciones aerológicas, de satélites y de aviones), para tratar de aclarar ciertos mecanismos que intervienen en la for-

mación, la evolución y el movimiento de los ciclones tropicales. Este análisis revela el importante papel de la circulación a gran escala en la ciclogénesis tropical, especialmente de las irrupciones de aire frío. Se puso de relieve la influencia decisiva que tienen los factores dinámicos en la intensificación de las perturbaciones tropicales débiles. Se descubrió una asimetría en las características de la zona central de un ciclón tropical.



El avión de investigación Ilyushin 18D

Planes para el futuro

De acuerdo con los resultados obtenidos, el trabajo a realizar durante los próximos años seguirá las líneas generales que se indican a continuación:

- Continuar perfeccionando varios esquemas de predicción, para conseguir predecir las trayectorias de los ciclones con la mayor antelación posible; proseguir los estudios sobre los métodos de predicción hidrodinámicos, estadísticos y semi-empíricos; idear esquemas de predicción que requieren el uso simultáneo de varios métodos (deberá ser ampliada la base de datos, para poder hacer pruebas independientes de los esquemas que utilicen material homogéneo).
- Utilizar nuevos conceptos físicos de la formación de los ciclones tropicales (además del tratamiento fenomenológico de la ciclogénesis) en relación con (a) el mecanismo turbulento de formación de torbellinos a gran escala, y (b) la inestabilidad de la estructura de los torbellinos en un flujo con cizalladura del viento. Los estudios teóricos en este campo deberán acompañarse de la modelización, y los resultados se compararán con los datos reales observados.
- Adelantar el trabajo en (a) la modelización numérica de los ciclones tropicales, especialmente en los modelos tridimensionales de evolución y en los modelos combinados de evolución-movimiento, (b) construcción de modelos de los procesos y de los fenómenos individuales en el interior de los ciclones tropicales, incluyendo los procesos de convección y los que tienen lugar en la capa límite, y (c) desarrollo de métodos para la inicialización e incorporación de los datos de observación.
- Proseguir el trabajo sobre modelos de laboratorio de ciclones tropicales, para el estudio, *inter alia*, de los principales mecanismos físicos que determinan su formación, evolución, estructura e intercambio de energía.
- Continuar la formación de los bancos de datos de ciclones tropicales, que deben incluir datos de radar, de satélite y de aviones.

-Intensificar los estudios a gran escala de los ciclones tropicales, mediante la realización regular de experimentos en que intervengan sistemas de observación de los satélites, los aviones de investigación, los buques y estaciones terrestres, juntamente con estudios dirigidos a la mejora de las técnicas de observación y al desarrollo de otras nuevas.

Se espera con confianza que estos objetivos se podrán alcanzar por los laboratorios mixtos soviético-cubano y soviético-vietnamita, y que ello constituirá una importante contribución al desarrollo de la meteorología tropical.

COMISION DE CLIMATOLOGIA

NOVENA REUNION, GINEBRA, DICIEMBRE DE 1985

En el Centro de Conferencias Internacionales de Ginebra tuvo lugar, del 2 al 13 de diciembre de 1985, la novena reunión de la Comisión de Climatología. Asistieron 88 participantes, entre los que se encontraban delegados de 48 países y observadores de 11 organizaciones internacionales.

El interés primario de la reunión se centró en los progresos habidos dentro del Programa Mundial sobre el Clima, en particular, los que se refieren a los programas sobre datos y aplicaciones (PMDC y PMAC). La comisión examinó los informes de sus doce ponentes y de los grupos de trabajo, así como los documentos presentados por el Secretario General, sirviendo la discusión para confirmar que los Miembros están buscando activamente vías para cumplir con las responsabilidades que tienen *frente* a sus gobiernos y a los diversos grupos de usuarios.

Se acordó que el objetivo fundamental del Programa Mundial de Datos Climáticos era promover la recopilación de una base de datos adecuada para el apoyo de las actividades comprendidas dentro del marco de trabajo de los programas de aplicaciones, investigación y estudios de impacto. La Comisión estuvo preocupada porque el progreso en el proyecto CLICOM se mantuviese (lo que implica la transferencia de tecnología sobre "hardware" y "software" de microordenadores y la formación profesional en el proceso y las aplicaciones de los datos climáticos), así como en el proyecto del Sistema de Vigilancia del Clima (el cual mantiene al tanto de las condiciones climáticas actuales y proporciona informes regularmente). Estos dos asuntos han sido asignados a un Grupo de trabajo sobre tratamiento de datos climáticos recientemente establecido, el cual se ocupará, además, de la necesidad de aumentar la red mundial de estaciones CLIMAT, el control de la calidad de los datos, la homogeneidad de las series cronológicas, los datos obtenidos de estaciones meteorológicas automáticas y los datos procedentes de sensores a distancia, los bancos de datos climáticos, el proyecto de recuperación de datos y el INFOCLIMA (inventario de estaciones y catálogo de datos). Además, se nombró un ponente sobre métodos estadísticos.

Haciéndose cargo de la necesidad creciente de una red mundial de estaciones climatológicas de referencia, la reunión adoptó una recomendación (dirigida a través del Consejo Ejecutivo a los Miembros) sobre este punto, tal y como hizo con respecto a la divulgación de la información sobre fuentes de datos climáticos e inventarios de estaciones climatológicas y de radiación.

Con respecto al Programa Mundial de Aplicaciones Climáticas, la Comisión observó complacida que, dentro del límite de los recursos disponibles, se había prestado también