

А.И. Попова, В.С. Комаров, Н.Я. Ломакина, Ю.Б. Попов

Банк метеорологических и аэрологических данных для решения прикладных задач

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 4.05.2005 г.

Дается общее описание разработанного в Институте оптики атмосферы СО РАН банка метеорологических и аэрологических данных, предназначенного для систематизации и хранения результатов многолетних наземных и высотных (до уровня 300 гПа) измерений давления (или геопотенциала), температуры, точки росы и ветра, полученных для заданного мезометеорологического полигона.

Известно, что для построения локальных климатических моделей атмосферы, играющих важную роль в повышении эффективности применения оптических систем дистанционного зондирования и решения задач атмосферной оптики, а также для исследования и оценки надежности создаваемых алгоритмов пространственно-временного прогнозирования метеорологических полей в области мезомасштаба необходимо использовать данные метеорологических и аэрологических измерений, полученные для ограниченных территорий.

В связи с этим возникает острая необходимость в архивации и систематизации исходных метеорологических и аэрологических данных, полученных для заданных мезомасштабных областей, имеющих горизонтальные размеры до нескольких сотен километров при высоте верхней границы 8–10 км (в дальнейшем подобные области, согласно [1], будем называть мезометеорологическими полигонами).

Вполне очевидно, что решение такой проблемы связано с организацией, хранением и обработкой всей многолетней информации о состоянии атмосферы, полученной на станциях заданного мезометеорологического полигона.

В рамках указанной проблемы в Институте оптики атмосферы СО РАН были разработаны методические основы проектирования базы метеорологических и аэрологических данных (БД), являющейся частью информационного банка данных (БнД), содержащей результаты многолетних наземных и высотных измерений и предназначенной для их систематизации, оптимальной организации хранения, просмотра и поиска (в соответствии с запросами пользователя), а также для представления найденных измерений в файлах, организованных по требуемому формату записи, удобному для последующего анализа, контроля и использования при решении различных научных и прикладных задач.

Напомним, что банк данных — это одна из форм современных информационных систем, вклю-

чающая в свой состав вычислительный комплекс, систему управления базами данных (СУБД), одну или несколько баз данных и набор прикладных программ (приложения БнД) [2].

В настоящей статье дается описание структуры, состава и основных функций БнД метеорологических и аэрологических данных, содержащей набор вертикальных профилей термодинамических параметров и характеристик ветра, полученных для ряда наземных синоптических и радиозондовых станций, представляющих типичный мезометеорологический полигон с центром в районе г. Москвы.

В качестве входной информации при создании базы метеорологических и аэрологических данных использовались результаты дешифрирования и обработки стандартных бюллетеней КН-04, содержащих в закодированном виде данные температурно-ветрового зондирования атмосферы. При этом дешифрирование и обработка бюллетеней КН-04 осуществлялись с помощью автоматизированной метеорологической системы (АМС), описание которой дается в [3]. Кроме того, для создания указанной базы были использованы также бюллетени КН-01, содержащие данные наземных метеорологических наблюдений и преобразованные в требуемый вид с помощью специального пакета прикладных программ, который дополняет программное обеспечение АМС.

Использованные для БД массивы метеорологической и аэрологической информации содержат многолетние (2000–2004 гг.) восьмисрочные (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч по Гринвичу) метеорологические и двухсрочные (00 и 12 ч по Гринвичу) радиозондовые наблюдения за давлением (P , гПа) или геопотенциалом (H , гпм), температурой (T , °C), точкой росы T_d , °C), зональной (U , м/с) и меридиональной (V , м/с) составляющими скорости ветра. При этом все радиозондовые наблюдения приведены к двум системам высотных координат: системе изобарических уровней, содержащей данные на уровне земной поверхности и изобарических поверхностях: 975, 950, 925, 900, 875, 850, 825,

800, 700, 600, 500, 400 и 300 гПа, и системе геометрических высот: 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 и 8,0 км.

Здесь следует отметить, что в последние годы в России (из-за недостаточного финансирования Гидрометеорологической службы) радиозондовые наблюдения за параметрами атмосферы проводились не в полном объеме. Поэтому не все, а лишь отдельные аэрологические станции проводили радиозондирование в два стандартных синоптических срока (00 и 12 ч по Гринвичу). В то же время на многих аэрологических станциях проводились только одноразовые измерения (00 ч или 12 ч по Гринвичу).

Остановимся теперь на рассмотрении структуры и основных функций БД метеорологических и аэрологических данных. С этой целью воспользуемся ее структурной схемой, представленной на рис. 1.

Сразу же подчеркнем, что два первых блока: блок «Входные данные» и блок «Подготовка входных данных», представленные на рис. 1, являются составными частями программного обеспечения автоматизированной метеорологической системы и были ранее описаны в [3]. В силу универсальности АМС является неотъемлемой составной частью представляемого банка данных. Поэтому здесь лишь укажем, что в качестве входной информации используются стандартные бюллетени КН-04 и КН-01, содержащие, как уже говорилось выше, данные температурно-ветрового зондирования атмосферы и результаты приземных метеорологических измерений. В то же время блок подготовки входных данных обеспечивает: расшифровку бюллетеней КН-04 и КН-01; интерполяцию метеорологической величины как по высоте, так и по пространству (вдоль заданной изобарической поверхности); контроль

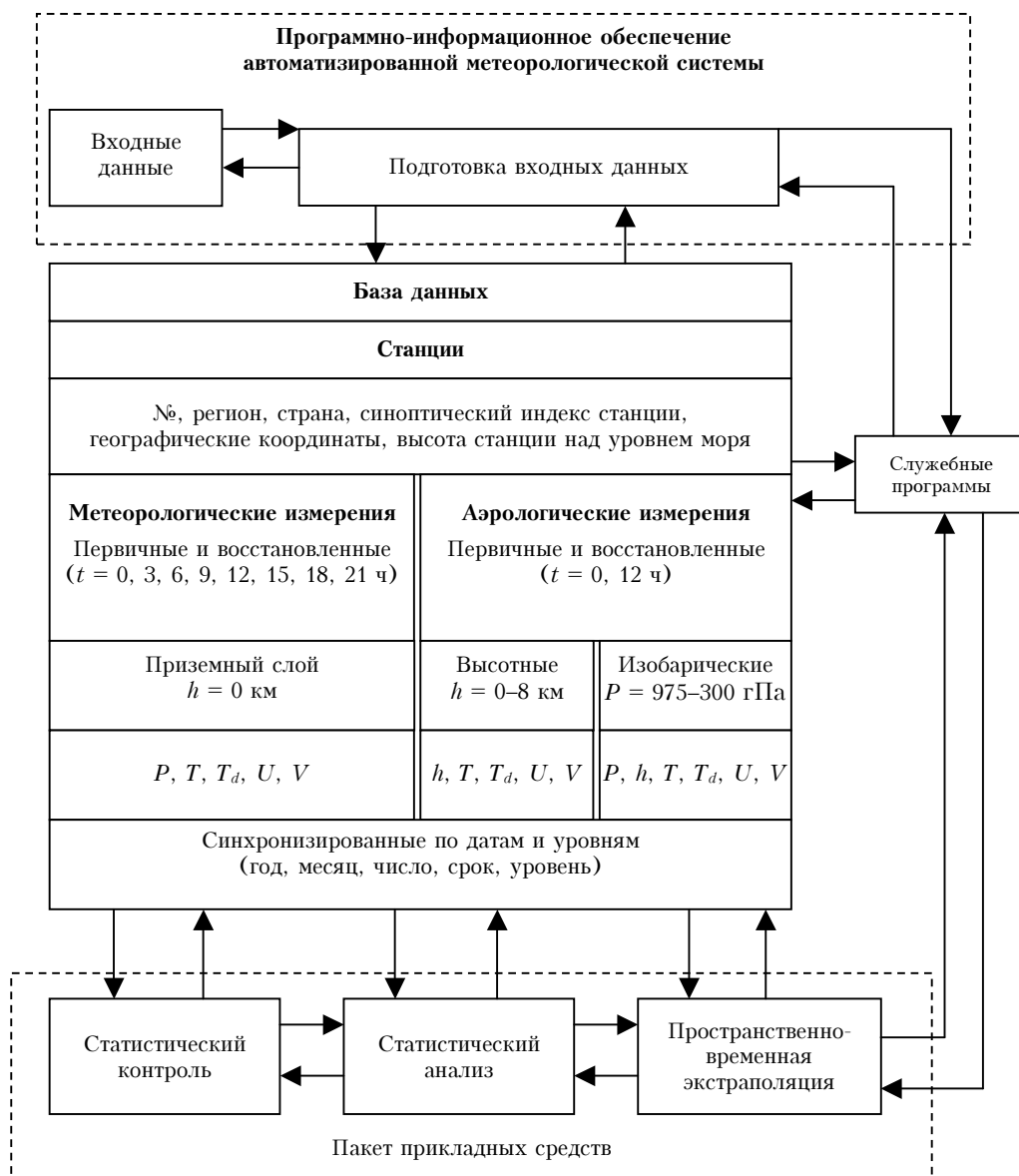


Рис. 1 Структурная схема банка метеорологических и аэрологических данных

правильности зашифровки оператором на станции бюллетеней и синхронизацию даты измерения (год, месяц, число, срок) по станциям.

База метеорологических и аэрологических данных является одним из главных функциональных блоков структурной схемы (см. рис. 1) и состоит из трех основных файлов: «СТАНЦИЯ», «МЕТЕОизмерения» и «АЭРОизмерения». При этом в файле «СТАНЦИЯ» содержатся данные со вспомогательной информацией, включающей такие сведения, как региональный номер и имя региона (например, Европа, Азия и т.п.); страна (Франция, Австрия, Россия и др.) и ее код; синоптический индекс и название станции, ее географические координаты (широта и долгота) и высота над уровнем моря. Поиск требуемой станции осуществляется по запросу потребителя.

Второй файл «МЕТЕОизмерения» содержит данные, где хранятся массивы метеорологических измерений для отдельных станций заданного мезометеорологического полигона (в нашем случае это полигон с центром в районе Москвы), которые синхронизированы по годам, месяцам, числам и срокам. В этой базе содержатся как первичные (измеренные), так и восстановленные значения метеорологических величин (давления, температуры, точки росы, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра) на уровне земной поверхности. База данных: «СТАНЦИЯ» реализована с помощью системы визуального программирования Delphi (версия 6) с входящими в нее инструментальными средствами.

В третьем файле «АЭРОизмерения» содержатся аэрологические данные, т.е. хранятся массивы радиозондовых наблюдений для отдельных аэрологических станций того же мезометеорологического полигона, которые синхронизированы по годам, месяцам, числам и срокам. В данной базе находятся как первичные, так и восстановленные значения метеорологических величин (давления или геопотенциала, температуры, точки росы, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра) на уровне земной поверхности и на изобарических поверхностях или геометрических высотах (их перечень приведен выше). Работу с базами данных «МЕТЕОизмерения» и «АЭРОизмерения» обеспечивает СУБД ACCESS.

Кроме базы метеорологических и аэрологических данных банк данных включает пакет прикладных программных средств, состоящий из трех блоков: блока статистического контроля метеорологической информации, блока статистического анализа и блока пространственно-временной экстраполяции. И наконец, в состав БД входит блок служебных программ.

Блок статистического контроля осуществляет контроль за аномальными выбросами той или иной метеорологической величины. Для проведения отбраковки ошибочных значений при контроле используется, как это принято в метеорологии [4], разность между проверяемым значением и климатическим (средним арифметическим) с последую-

щим ее сравнением по модулю с величиной $N\sigma$, где σ – дисперсия взятой метеорологической величины. При этом, исходя из «классической» теории проверки гипотез, принято полагать $N = 3$. Данное N и было использовано в нашем случае, что позволило выявить ошибки, которые были допущены при подготовке и передаче (по каналам связи) метеорологической и аэрологической информации, поступающей в базу данных.

Блок статистического анализа позволяет проводить расчет статистических характеристик вертикального профиля заданной метеорологической величины и, в частности, он осуществляет расчет начальных моментов, центральных моментов второго, третьего и четвертого порядка, расчет эксцесса и асимметрии, построение плотности распределения той же метеорологической величины. Рассматриваемый блок позволяет также оценивать полученные плотности распределения на нормальность, рассчитывать нормированные автокорреляционные (или взаимокорреляционные) функции, а также аппроксимировать рассчитанные корреляционные функции, что дает возможность в дальнейшем построить аналитические модели изменения метеорологических величин. Все расчеты проводятся по файлам первичной информации для любой метеорологической величины (геопотенциала, температуры, точки росы и ортогональных составляющих скорости ветра) на каждом высотном уровне или каждой изобарической поверхности.

Блок пространственно-временной экстраполяции включает алгоритмы, обеспечивающие расчет значений метеорологических величин в точках с заданными пространственными координатами в пределах выбранного полигона и в требуемые моменты времени. В качестве таких алгоритмов используются: оптимальная интерполяция (экстраполяция), метод модифицированного группового учета аргументов, динамико-стохастический метод, метод полиномиальной аппроксимации, смешанный регрессионно-стохастический метод. Данные алгоритмы описаны в [5]. Блок может пополняться новыми, разрабатываемыми методами. Выбор конкретного алгоритма экстраполяции осуществляется на основе результатов статистического анализа, в зависимости от принятой гипотезы о нормальности плотности распределения рассматриваемой величины. В рамках задачи пространственно-временного прогноза метеорологических величин можно говорить о создании автоматизированного рабочего места исследователя (АРМ), позволяющего проводить отладку и обработку новых алгоритмов и методов.

В *блок служебных программ* входит программное обеспечение, с помощью которого можно управлять потоком данных. В качестве системы управления базами данных были выбраны СУБД ACCESS и входящие в нее языковые средства, которые позволяют пользователям организовать загрузку, хранение, доступ, визуализацию данных, производить поиск по предъявляемым пользователям запросам, а также выдать результаты этого поиска в виде файла, записанного в требуемом формате.

Порядк	Изобар	Геопотенц	Темпер	Точка росы	Зональн	Мериди	Год	Месяц	Число	Срок	Сигнал
27	975	27.4	14.7	12.6	-0.7	-3.1	2000	7	29	0	27612
28	950	49.4	13.2	11.1	-2.1	-4.2	2000	7	29	0	27612
29	925	72.1	11.8	9.4	-2.6	-3.1	2000	7	29	0	27612
30	900	95.2	10.1	8.2	-3.3	-2.7	2000	7	29	0	27612
31	875	118.7	8.3	6.9	-1.7	-1.8	2000	7	29	0	27612
32	850	143.1	9.2	6.8	0.1	-1.1	2000	7	29	0	27612
33	825	167.4	8.1	5.4	1.1	0.1	2000	7	29	0	27612
34	800	192.6	6.7	3.9	1.6	0.1	2000	7	29	0	27612
35	700	302.1	1.2	-2.6	3.5	2.2	2000	7	29	0	27612
36	600	422.5	-5.4	-10.7	2.5	-0.4	2000	7	29	0	27612
37	500	565.1	-14.1	-24.1	5.4	4.5	2000	7	29	0	27612
38	400	731.2	-25.9	-35.9	5.1	10.9	2000	7	29	0	27612
39	300	932.1	-42.9	-47.9	4.1	15.5	2000	7	29	0	27612
40	975	23.4	15.1	12.7	0.1	0.1	2000	7	28	0	27612
41	950	45.4	13.5	11.9	0.3	-0.6	2000	7	28	0	27612
42	925	68.2	12.8	11.5	1.3	-2.7	2000	7	28	0	27612
43	900	91.3	12.9	11.5	2.1	-1.7	2000	7	28	0	27612
44	875	115.3	12.2	10.2	1.7	-1.2	2000	7	28	0	27612

Рис. 2. Отображение на экране полигонных аэрологических данных, хранимых в БД

Пример изображения на экране полигонных аэрологических данных, хранимых в БД, приведен на рис. 2. На данном рисунке даются вертикальные профили геопотенциала, температуры, точки росы, зональной и меридиональной составляющих скорости ветра, представленные в изобарической системе координат и полученные по данным температурно-ветрового зондирования атмосферы в районе Москвы (ст. Долгопрудная, синоптический индекс 27612) в июле 2000 г.

В заключение следует сказать, что наличие автоматизированной метеорологической системы и большого объема исходных бюллетеней КН-01 и КН-04, содержащих метеорологическую и аэрологическую информацию, позволяет на основе разработанной методики создать базу данных для любого заданного мезометеорологического полигона, расположенного на территории Российской Федерации. Кроме того, следует подчеркнуть, что описанная выше информационная система является промежуточной разработкой. Она позволяет в дальнейшем учесть все недочеты с выбором программных средств и создать гибкую систему хранения

первичных данных метеорологических и аэрологических измерений, полученных для других мезометеорологических полигонов.

1. Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 376 с.
2. Дуго С.М. Проектирование баз данных. М.: Финансы и статистика, 1988. 216 с.
3. Комаров В.С., Богушевич А.Я., Ильин С.Н., Креминский А.В., Попов Ю.Б., Попова А.И. Автоматизированная метеорологическая система для оперативной обработки аэрологической информации, диагностики и прогноза параметров состояния атмосферы в области мезомасштаба. Часть 1. Описание структуры системы // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18. № 8. С. 699–707.
4. Гордин В.А. Математические задачи гидродинамического прогноза погоды. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 264 с.
5. Комаров В.С., Попов Ю.Б., Суворов С.С., Кураков В.А. Динамико-стохастические методы и их применение в прикладной метеорологии. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2004. 236 с.

A.I. Popova, V.S. Komarov, N.Ya. Lomakina, Yu.B. Popov. Bank of meteorological and aerological data for solution of applied problems.

The bank of meteorological and aerological data, developed in the Institute of Atmospheric Optics and intended for systematization and storage of results of many-year ground-based and high-altitude (up to 300 hPa) measurements of pressure (or geopotential), temperature, dew point, and wind at a particular mesometeorological network, is described.