

Б.Д. Белан, О.Ю. Лукьянов, М.К. Микушев, И.Н. Плохих, Н.А. Степкин

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АРХИВ ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Описывается структура и состав автоматизированного архива, созданного по результатам самолетного зондирования атмосферы и содержащего данные по концентрации, химическому и газовому составу атмосферных аэрозолей в различных регионах. Приводится список городов, по которым имеются данные.

С 1981 г. в ИОА СО РАН ведутся систематические самолетные измерения концентрации и химического состава атмосферного аэрозоля практически над всей территорией бывшего СССР. С 1988 г. начались измерения озона и с 1990 других газов. Разработанный в институте комплекс аппаратуры [1] позволил собрать обширный материал. Однако вследствие периодических модернизаций измерительного комплекса данные самолетного зондирования накапливались на носителях самого различного рода (магнитные ленты, диски, дискеты, распечатки). Кроме этого, из-за переменного характера экспериментов информация записана в разных форматах. Поэтому для эффективного использования собранного материала было необходимо разработать единую форму представления данных и организовать их таким образом, чтобы обеспечить возможность оперативного поиска и выборки. Это явилось одной из основных целей создания автоматизированного архива данных. Задача решалась в рамках комплексной программы SATOR и созданный архив является опорной базой при планировании соответствующих экспериментов.

Для мини- и микроЭВМ разработан ряд «промышленных» баз данных (БД) [2–5]. Однако использование подобных БД в данном случае представляется затруднительным, так как из-за разнородности данных значительно возрастает объем пустых записей.

Ранее в ИОА проводились работы по систематизации данных самолетного зондирования, базировались они на идеях, заложенных при формировании настоящего архива, и охватывали лишь часть накопленного материала, как по времени, так и по количеству параметров [6, 7]. Автоматизированный архив, представленный в данной статье, включает в себя все материалы, полученные в результате проведения самолетных экспериментов, и является открытым для дальнейшего расширения и пополнения.

Целью данной статьи является описание структуры и состава данных, представленных в архиве.

В начале дадим характеристику параметров, измеряемых на самолете-лаборатории.

В указанный период самолетное зондирование осуществлялось на двух типах самолетов: Ил-14 (с 1981 г. по 1988 г.) и АН-30 (с 1988 г. по настоящее время). Естественно, что бортовые измерительные комплексы постоянно модернизировались. Детальное их описание приведено в [8–12]. Табл. 1 содержит сведения о параметрах, измеряемых последней модификацией комплекса [1]. В нее также включены величины, которые вычисляются непосредственно в полете и определяются в пробах воздуха в лабораторных условиях.

Методика проведения самолетного зондирования включает в себя два режима полетов: «профиль» и «площадка». В режиме «профиль» (при наборе высоты или снижении самолета) регистрируется вертикальное распределение концентрации аэрозоля, газов, метеовеличин и навигационных характеристик. Измерения проводятся от поверхности земли (начало пробега самолета) до максимальной высоты полета (8100 м) с шагом 100 м.

На участках горизонтального полета, режим «площадка», фиксируется пространственное распределение аэрозоля, газов, метеовеличин и навигационных характеристик, а также осуществляется отбор проб воздуха и аэрозоля. Частота регистрации для средних характеристик — 1 Гц, что обеспечивает пространственное разрешение 80–100 м, для флуктуаций частота регистрации составляет 10–100 Гц. Площадки выполняются в диапазоне высот 100–8100 м.

Получаемая в ходе полета информация записывается на внешнее запоминающее устройство микроЭВМ в виде специальным образом организованных файлов. Помимо измеряемых данных в файл заносятся дополнительные сведения, характеризующие условия проведения эксперимента.

Как уже отмечалось, полеты проходили почти над всеми регионами бывшего СССР в разные годы и различные сезоны. Для представления об объеме полученных данных составлена табл. 2, которая содержит сведения о режимах измерений, времени и месте проведения полетов.

Из табл. 2 видно, что наибольшее количество измерений сделано над Западной Сибирью. Другие регионы подвергались периодическому обследованию. Ниже приведем список городов и поселков, по которым имеется информация в архиве (табл. 3).

Характеристики параметров атмосферы, определяемые самолетом-лабораторией

Параметры, непосредственно измеряемые		Вычисляемые в полете		Определяемые после полета в пробах воздуха и аэрозоля
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование*
Высота, м	<i>W</i>	Структурная характеристика флуктуаций температуры	<i>PUS</i>	Газы: аммиак, ацетилен, бензин, бензол, ксилол, оксид азота, диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, сероводород, толуол, хлор, углеводороды нефти, этиловый эфир
Давление, мм рт. ст.	<i>PR</i>			
Влажность, %	<i>WL</i>	Скорость ветра, м/с	<i>SV</i>	Аэрозоль: элементы — Pb, Mg, Sn, Cr, Mn, Co, V, Zn, Ti, Ca, Si, Fe, Cu, V, Al, Ni, Cd, Ag, P, Mo, Br, W, In, Ba, Ga, Sb
Температура, °С	<i>TE</i>	Направление ветра, град	<i>NV</i>	
Счетная концентрация аэрозоля, см <sup>-3</sup>	<i>AS</i>	Широта, град	<i>SF</i>	Ионы: Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Hg <sup>2+</sup> , As <sup>3+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup>
Функция распределения аэрозоля по размерам	<i>AS(i)</i>	Долгота, град	<i>SL</i>	
Коэффициент рассеяния для угла 45°, км <sup>-1</sup>	<i>P(1)</i>			
Код режима работы ФАНа	<i>P(2)</i>			
Прямой сигнал нефелометра внешнего объема	<i>G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub></i>			
Опорный сигнал нефелометра внешнего объема	<i>G<sub>3</sub></i>			
Гамма-фон, мкРн/ч	<i>RD</i>			
Курс полета, град	<i>KU</i>			
Снос самолета, град	<i>SN</i>			
Крен самолета, град	<i>KR</i>			
Угол тангажа, град	<i>TN</i>			
Скорость воздушная, км/ч	<i>SP</i>			
Скорость фактическая, км/ч	<i>SD</i>			
Перегрузка	<i>PG</i>			
Концентрация озона, мкг/куб. м	<i>OZ</i>			
Концентрация оксида углерода, ppm	<i>CO</i>			
Концентрация диоксида углерода, %	<i>CO<sub>2</sub></i>			

\* Наименование соответствует обозначению.

Из приведенного списка городов и поселков видно, что самолетным зондированием охвачены практически все географические зоны, имеющиеся на территории бывшего СССР. Города, для которых имеются данные, могут находиться как в чистых (фоновых) условиях, так и в сильно загрязненных. Для последних создается отдельный архив.

Все данные в созданном архиве группируются по видам работ и времени проведения эксперимента и хранятся на внешнем запоминающем устройстве микроЭВМ в виде отдельных файлов. Файлы с данными представляют собой двумерные числовые массивы, которые содержат:

— для режима «площадка» — временные ряды числовых значений, соответствующих каждому из измеряемых параметров;

— для режима «профиль» — также ряды числовых значений, но квантованные по высоте.

Данные по химическому составу аэрозоля и газам представляют собой одномерные массивы, содержащие значения концентрации измеряемых параметров, осредненные в пространстве и привязанные к какому-то пункту.

Информация о месте хранения файлов с данными (номер магнитной ленты) заносится в каталог. Помимо имени файла в каталог заносится ключевая информация, которая содержит в себе: дату и время полета; район и регион полета; формализованное описание метеорологической обстановки; состав параметров, регистрируемых в данном эксперименте.

## Объем и характер самолетных данных

Год	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	ЕТС	Казахстан	Урал	Камчатка	Чукотка	Дальний Восток	Узбекистан	Туркмения	Таджикистан	Число проб хим.состава	Кол-во часов
1981	<i>P1, C</i>	<i>P1, C</i>	–	<i>P1, C</i>	–	–	–	–	–	<i>P1, C</i>	–	108	130
1983	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	–	<i>P1, C, X1</i>	–	–	–	–	–	–	–	136	190
1984	<i>P1, C, X1, П1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1, П1, P2</i>	<i>P1, C, X1</i>	–	–	–	<i>P1, C, X1</i>	–	–	121	420
1985	<i>P1, C, X1, П1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	–	–	–	–	–	–	508	860
1986	<i>P2, X1, П1</i>	<i>P2, X1, П1</i>	<i>P2, X1, П1</i>	<i>P2, X1</i>	<i>P2, X1</i>	–	–	<i>P2, X1, П1</i>	–	–	–	470	1160
1987	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	<i>P1, C, X1</i>	–	–	–	–	–	–	670	1020
1988a	<i>P1, П2/1, P3/1, C, X2</i>	–	<i>P3/1, П2/1, X2</i>	–	<i>P3/1, П2/1, X2</i>	–	–	–	–	–	–	49	320
1988b	<i>P1, П2/2, P3/2, C, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	–	–	–	–	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	–	249	520
1989	<i>P3/3, X2, П2/2</i>	<i>P3/2, X2, П2/2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	–	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	<i>P3/2, П2/2, X2</i>	563	420
1990	<i>P4, П3, X4</i>	<i>P4, П3, X4</i>	<i>P4, П3, X4</i>	<i>P4, П3, X4</i>	<i>P4, П3, X4</i>	–	<i>P4, П3, X4</i>	<i>P4, П3, X4, G</i>	–	–	–	244	320
1991	<i>P4, П3, X4, G</i>	<i>P4, П3, X4, G</i>	–	–	<i>P4, П3, X4, G</i>	–	–	<i>P4, П3, X4, G</i>	–	–	–	356	145

## Примечание:

*P1* – профиль, включающий параметры *W, WL, TE, AS*;

*P2* – *P1 + G1, G2, PUS*;

*P3/1* – *P1 + AS* (0,4–10 мкм), *P(1), P(2), PG, SP*;

*P3/2* – *P3/1 + KU, SN, SD, PUS*;

*P4* – *P3/2 + SV, NV, KR, TN, OZ, CO, CO<sub>2</sub>*;

*X1* – химический состав аэрозоля по элементам и ионам: Al, Ca, Si, Fe, Ni, Mg, Mn, Sn, Pb, Ag, B, Cr, Ti, Na, K, Cu, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

*X2* – *X1 + Br, P, Zn*;

*X3* – *X2 + Cd, Co, V, Mo, Ba, W*;

*X4* – *X3 + F, Hg, As, In, Be*;

*C* – распределение частиц аэрозоля по размерам (0,4–10 мкм) + *W, WL, TE*;

*П1* – площадка *W, WL, TE, PUS, AS, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>*;

*П2/1* – *WL, TE, PUS, AS* (0,4–10 мкм), *P(1), P(2), SP, PR*;

*П2/2* – *П2/1 + KU, SN, SD, PUS*;

*П3* – *П2/2 + SV, NV, KP, TN, OZ, CO, CO<sub>2</sub>*;

*Г* – газы.

Таблица 3

1. Актюбинск	40. Кишинев	79. Рига
2. Алма-Ата	41. Колпашево	80. Самара
3. Амурск	42. Комсомольск-на-Амуре	81. Санкт-Петербург
4. Архангельск	43. Красноводек	82. Саратов
5. Астрахань	44. Красноярск	83. Семипалатинск
6. Ашхабад	45. Кривой Рог	84. Симферополь
7. Аягуз	46. Курган	85. Соболево
8. Баку	47. Курган-Тюбе	86. Совгавань
9. Балхаш	48. Кустанай	87. Стрежевой
10. Барабинск	49. Липецк	88. Сыктывкар
11. Барнаул	50. Магадан	89. Тамбов
12. Бийск	51. Магнитогорск	90. Ташкент
13. Бишкек	52. Минск	91. Термез
14. Благовещенск	53. Мирный	92. Тикси
15. Братск	54. Москва	93. Тобольск
16. Бугульма	55. Муйнак	94. Томск
17. Вильнюс	56. Мурманск	95. Тында
18. Витебск	57. Нижневартовск	96. Улан-Удэ
19. Волгоград	58. Нижний Новгород	97. Уральск
20. Воронеж	59. Нижний Тагил	98. Ургенч
21. Гомель	60. Николаев	99. Усть-Илимск
22. Гурьев	61. Николаевск-на-Амуре	100. Усть-Каменогорск
23. Джамбул	62. Новгород	101. Уфа
24. Диксон	63. Новокузнецк	102. Уш-Тюбе
25. Днепропетровск	64. Новосибирск	103. Хабаровск
26. Донецк	65. Нукус	104. Харьков
27. Душанбе	66. Ньюба	105. Херсон
28. Екатеринбург	67. Одесса	106. Ходжент
29. Енисейск	68. Омск	107. Цимлянск
30. Зырянкa	69. Оренбург	108. Чардара
31. Игарка	70. Оссора	109. Чарджоу
32. Ижевск	71. Ош	110. Челябинск
33. Иркутск	72. Оха	111. Чимкент
34. Караганда	73. Павлодар	112. Чита
35. Каргасок	74. Певек	113. Чокурдах
36. Кемерово	75. Пенза	114. Шевченко
37. Кзыл-Орда	76. Пермь	115. Экибастуз
38. Киев	77. Петропавловск	116. Южно-Сахалинск
39. Киренск	78. Петропавловск -Камчатский	117. Якутск

Таблица 4

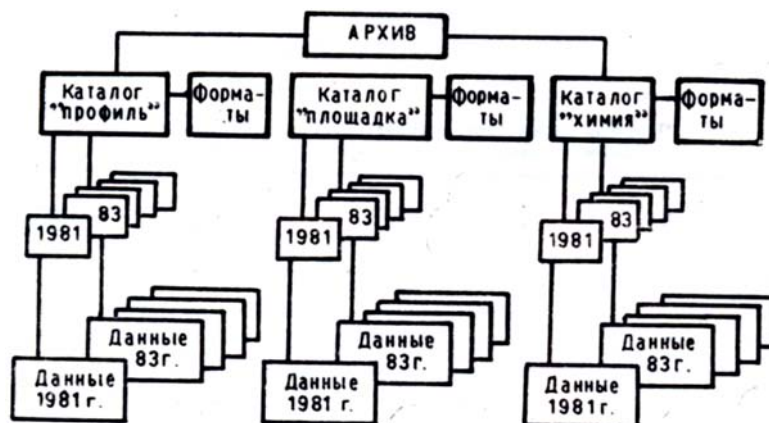
## Перечень параметров, используемых для составления формализованного описания метеобстановки

Тип барического поля	Тип воздушной массы	Сезон	Атмосферные явления
Циклон	Арктическая	Зима	Дымка
Антициклон	Умеренная Субтропиче- ская	Весна	Туман
Малоградиентное поле		Лето	Дым
Контрастная зона		Осень	Поземка
Гребень			Дождь
Ложбина			Снег
Подтип барического поля	Подтип воздушной массы	Балл облачности	Время суток
Северо-восток*	Морская	0–10	Утро
Северо-запад*	Континентальная		День
Юго-восток*	Старая		Вечер
Юго-запад*			Ночь
Ось			
Перед			
Тыл			
Повышенное давление			
Пониженное давление			

\*Имеется в виду сектор барического образования [13].

В табл. 4 приведен перечень параметров, используемых для составления формализованного описания метеорологической обстановки во время проведения эксперимента.

Необходимость хранения в каталоге состава регистрируемых параметров обусловлена тем, что в зависимости от целей проведения эксперимента и вследствие модернизации измерительного комплекса набор регистрируемых параметров значительно изменяется (см. табл. 2). Практически эта проблема решена таким образом: каждому файлу с данными соответствует так называемый файл-формат, который и содержит перечень параметров, регистрируемых в ходе проведения эксперимента. Использование файла-формата позволило избежать хранения в архиве «пустых» записей. Общее представление о принципе организации форматных файлов можно получить из списка обозначений к табл. 2. Структура архива представлена на рисунке.



Структура автоматизированного архива

Фактически таблица каталога выполнена в виде нескольких баз данных в стандарте технологического комплекса РТК МИКРО, связанных в единый комплекс программой ARCHIV. Программа ARCHIV в режиме диалога с оператором формирует запрос на поиск информации в архиве, производит выборку данных и выводит их на печатающее устройство или в файл в удобном для пользователя виде. В качестве критерия (или критериев) для поиска данных может выступать любой из параметров, входящих в каталог.

Архивные копии файлов с данными хранятся на магнитных лентах. Рабочий каталог архива расположен на НМД типа CM5400.

В настоящее время ведутся работы по переносу архива на ЭВМ типа IBM PC. В новой версии в качестве физического носителя для данных используется накопитель на магнитной ленте типа «Стриммер», а каталог архива выполнен в среде реляционной СУБД Fox Pro. Планируется подключение к архиву комплексов программ для статистических расчетов, 2- и 3-мерной графики.

1. Самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э». Проспект. Томск: ТНЦ СО АН СССР, 1990. 24 с.
2. Ульман Дж. Базы данных на Паскале. М.: Машиностроение, 1990. 368 с.
3. Карабрис Дж. Программирование в d Base III Plus М.: Финансы и статистика, 1991. 240 с.
4. Ахмадишин И. Н., Гайкович В. Ю., Тютюнников Н. Н. // Мир ПК. 1991. № 3. С. 25–30.
5. Тестирование и рейтинги реляционных СУБД // Электронный журнал «Софт-панорама». 1989. № 5. С. 22–25.
6. Герасимова Л. А., Панченко М. В., Терпугова С. А. и др. // Оптика атмосферы 1990. Т. 3. № 7. С. 770–773.
7. Теушек В. Д. // Труды X Всесоюз. симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Ч. 2. Томск: ТНЦ СО АН СССР, 1989. С. 284–288.
8. Белан Б. Д. // Аппаратура дистанционного зондирования параметров атмосферы Томск: ТНЦ СО АН СССР, 1987. С. 34–40.
9. Панченко М. В., Тумаков А. Г., Терпугова С. А. // Там же. С. 40–46.
10. Гришин А. И., Матвиенко Г. Г. // Там же. С. 47–53.
11. Ковалевский В. К., Толмачев Г. Н. // Там же. С. 53–59.
12. Беспалов А. С., Громаков Е. И., Покровский Е. В. и др. // Там же. С. 59–71.
13. Белан Б. Д., Задде Г. О., Рассказчикова Т. М. // Прогноз и контроль оптико-метеорологического состояния атмосферы. Томск: ТФ СО АН СССР, 1982. С. 21–25.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
4 марта 1992 г.

B. D. Belan, O. Yu. Luk'yanov, M. K. Mikushev, I. N. Plokhikh, N. A. Stepkin.  
**An Automated Archive of Observational Data Obtained with an Airborne Sounding of the Atmosphere.**

This paper describes the structure of an automated archive of data obtained during airborne sounding of the atmosphere. The archive includes the data on the number density and chemical composition of atmospheric aerosols and on concentration of gaseous constituents of the atmosphere over different geographical regions. The list of cities over which the measurements were conducted is also presented.