МОНИТОРИНГ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

DOI: 10.21513/2410-8758-2022-3-88-103

УДК 551.502.22

Архивация аэрологических данных в таблично-ориентированных кодовых формах: некоторые результаты

А.В. Хохлова*, А.В. Беспрозванных, Т.В. Руденкова, Л.Н. Сенова, А.А. Тимофееев

Всероссийский научно-исследователь-ский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных, Россия, 249035, Обнинск, Королева, 6

Реферат. Многолетние аэрологические данные используются для решения различных научных и прикладных задач: от исследования климата атмосферы свободной атмосферы и пограничного слоя до расчетов аэроклиматических характеристик для различных проектов. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» выполняет ведение банка аэрологических данных со всего земного шара, поступающих из глобальной системы телесвязи. В состав банка входит несколько массивов, сформированных из аэрологических телеграмм в традиционных алфавитно-цифровых кодах. В связи с переходом наблюдательной сети на бинарные таблично-ориентированные кодовые формы в ФГБУ «ВНИ-ИГМИ-МЦД» разработана новая технология усвоения и архивации данных и создается новый массив аэрологических данных из сводок, поступающих в бинарных кодах. Отличительной особенностью этих данных являются включенные в коды метаданные о приборах, месте и времени выпуска, а также сведения о смещении по времени и координатам на каждом уровне, где выполняются измерения. В рамках опытной эксплуатации технологии созданы файлы массива с 2018 г. по текущее время. К настоящему времени в состав массива входят данные примерно 650 аэрологических станций. В результате детального анализа нескольких файлов массива отмечены регионы, где данные в бинарных кодах отсутствуют или некачественны. Количественные характеристики данных очень разнородны – от измерений только на стандартных изобарических поверхностях до данных высокого вертикального разрешения, включающих несколько тысяч уровней. Сейчас значительная часть станций передает данные как в таблично-ориентированных, так и в традиционных алфавитно-цифровых кодах, поэтому представляет интерес сопоставление этих измерений. Сравнительный анализ выполнен по данным станции 02365 (Сундсваль, Швеция), так как на этой станции имеются двухразовые традиционные данные и двухразовые данные высокого вертикального разрешения за несколько лет. Среднее количество уровней в тради-

^{*}Адрес для переписки: anna x@meteo.ru

ционных данных по этой станции 60-80, в данных высокого вертикального разрешения 3500-4500. Сравнение сделано по отдельным профилям температуры и скорости ветра, по средним значениям температуры и скорости ветра в нижнем слое атмосферы, а также для характеристик приземных и приподнятых инверсий и классов устойчивости атмосферы в пограничном слое. Анализ показал, что атмосфера значительно сильнее расслоена, чем можно было видеть по традиционным измерениям. Наиболее сильно это сказывается на характеристиках температурных инверсий, поскольку данные высокого вертикального разрешения обнаруживают значительно более тонкую структуру вертикальных профилей, чем традиционное зондирование. В результате повторяемость инверсий оказывается больше, а интенсивность и мощность значительно меньше, чем при традиционном зондировании. Другие средние характеристики (температура, скорость ветра, повторяемость классов устойчивости) достаточно близки.

Ключевые слова. Атмосфера, радиозондирование, таблично-ориентированные кодовые формы, BUFR, архивация, высокое вертикальное разрешение, аэроклиматические характеристики, расслоенность атмосферы.

Archiving of aerological data in table driven code formats: some results

A.V. Khokhlova*, A.V. Besprozvannih, T.V. Rudenkova, L.N. Senova, A.A. Timofeev

Russian research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Centre (RIHMI-WDC),
6, Korolyov street, 249035, Obninsk, Russian Federation

*Correspondence address: anna_x@meteo.ru

Abstract. Long-term aerological data are used to solve various fundamental and applied problems: from the study of the climate of the free atmosphere and the boundary layer to calculations of aeroclimatic characteristics for various projects. Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center maintains a base of aerological data from around the globe coming from the Global Telecommunication System. The base includes several data sets formed on the basis of aerological telegrams in the traditional alphanumeric codes. In view of transition of the observation network to binary table driven code forms, a new technology of data assimilation and archiving has been developed by RIHMI-WDC and a new aerological data set is being created on the basis of reports received in binary codes. A distinctive feature of these data is that metadata – information about instruments, place and time of launch, as well as information about the shift in time and coordinates at each level of measurements - are included in the codes. As part of the test operation of the technology data files from 2018 to the present day have been added to the data set. Today the data set includes data from about 650 aerological stations. The detailed analysis of

several files showed that in some regions data in binary codes are missing or of poor quality. The quantitative characteristics of the data are very heterogeneous – from measurements made only on standard isobaric surfaces to high vertical resolution data involving several thousands of levels. Today a significant number of the stations transmit data both in table driven and in traditional alphanumeric codes, therefore, a comparison of these measurements is of interest. The comparison was performed for data from station 02365 (Sundsval, Sweden), since this station has traditional twice-a-day data and high vertical resolution twice-a-day data for several years. The average number of levels with traditional data for this station is 60-80, with high vertical resolution data it is 3500-4000. The comparison has been made for individual temperature and wind speed profiles, for average temperature and wind speed values in the lower layer of the atmosphere, as well as for characteristics of surface and raised inversions and for stability classes of the atmosphere in the boundary layer. The comparison showed that the atmosphere is much more stratified than could be seen from traditional measurements. This has the most significant impact on characteristics of temperature inversions since high vertical resolution data reveal a much finer structure of vertical profiles than traditionally sensed data. As a result, the frequency of inversions is greater, and the intensity and strength are significantly smaller than with traditional sensing. Other average characteristics (temperature, wind speed, frequency of stability classes) are sufficiently close.

Keywords. Atmosphere, radiosonding, table driven code forms, BUFR, archiving, high vertical resolution, aeroclimatic characteristics, atmospheric stratification.

Введение

Согласно регламенту Росгидромета ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» является ответственным за сбор, накопление и обработку глобальных аэрологических данных. Аэрологические данные, поступающие по каналам связи, обрабатываются и хранятся в Едином государственном фонде данных в нескольких массивах разного формата: массив АЭРОСТАБ (данные за период 1978-2010), массив АЭРОСТАС (данные с 2011 г. по текущее время). Обработка аэрологической информации во ВНИИГМИ-МЦД производится в несколько этапов: прием данных в традиционных алфавитно-цифровых кодах (далее ТАК) из глобальной системы телесвязи, декодирование, формирование ежемесячных файлов в формате долговременного хранения, контроль, хранение (Казначеева, Руденкова, 1985; Руденкова, 2010; Алдухов, Черных, 2013). Проконтролированные архивные файлы известного формата являются материалом для многочисленных научных и прикладных задач. В их число входит исследование климата свободной атмосферы и его изменчивости (Алдухов, Черных, 2018; Черных, Алдухов, 2020; Хохлова, Лавров, 2018), мониторинг климата свободной атмосферы (Лавров, Хохлова, 2020; Lavrov et al., 2018) и различные прикладные задачи, связанные с оценками температурно-ветрового режима пограничного слоя (Козлова и др., 2018).

В начале 2000-х гг. ВМО приняла решение о переходе глобальной наблюдательной сети на другую систему кодирования – таблично-ориентированные кодовые формы (ТОКФ/BUFR). Это двоичные коды, которые можно прочитать только с помощью специальных программных средств (Наставление по кодам, 2015). Переход наблюдательных сетей и передачи данных на эти коды проходит постепенно, поскольку он требует перестройки всей системы кодирования и декодирования гидрометеорологических данных, в том числе, и аэрологических (Ingleby et al., 2016). Часть стран уже отказалась от передачи аэрологии в символьных кодах и работает только с ТОКФ. Соответственно, от ВНИИГМИ-МЦД потребовалась разработка новой технологии архивации, включающей те же этапы – прием, раскодирование, формирование архивных файлов, хранение. В настоящее время технология архивации аэрологических данных в ТОКФ находится на этапе опытной эксплуатации (Сенова, 2020; Сенова, 2021). Ниже в статье приведено краткое описание состояния и проблем архивации аэрологических данных в ТОКФ, и рассмотрены примеры некоторых аэроклиматических характеристик, полученных из этих данных.

Характеристики аэрологического массива из сводок в табличноориентированных кодовых формах

Массив аэрологических данных, сформированный из аэрологических сводок в таблично-ориентированных кодовых формах, имеет название АЭРОБАФР. В нем хранятся данные с 2018 года по настоящее время. Массив ежемесячно пополняется новой порцией. Схема получения этой порции такова: оперативный прием данных по каналам связи, оперативное декодирование и занесение в базу данных. Затем один раз в месяц из базы данных формируются архивные файлы в соответствии с утвержденным форматом хранения (Руденкова, 2018). Один файл содержит аэрологические измерения за один месяц по всем станциям, данные которых поступили во ВНИИГМИ-МЦД.

В глобальной аэрологической сети всего около 900 станций. В настоящее время значительное число станций передает информацию как в символьных, так и в бинарных кодах, при этом количество станций, передающих в бинарных кодах, постоянно увеличивается. Параллельно уменьшается количество станций, передающих данные в ТАК. Некоторые страны, в том числе, Китай, Испания и другие, к настоящему времени совсем отказались от передачи данных в символьных кодах. В табл. 1 показан пример динамики количества станций, передающих в ТАК и в ТОКФ.

Анализ содержания и полноты массива аэрологических данных из сводок в ТОКФ производится ежемесячно. Количество и качество данных в ТОКФ отличается большим разнообразием. Это можно видеть на рис. 1, где показано суммарное количество наблюдений по станциям за 2021 год. Основная часть станций выполняет регулярное одно- или двухразовое зондирование (количество зондирований за год от 350 до 730), часть станций более двух раз

за сутки (количество зондирований больше 730). Вместе с тем, имеются станции, выполняющие нерегулярные наблюдения с общим количеством зондирований за год менее 100. Часть станций в тропических широтах выполняет только радиопилотные измерения, в которых имеются только данные о скорости ветра.

Таблица 1. Количество станций в аэрологических массивах ВНИИГМИ-МЦД за январи 2018-2022 гг.

Table 1. The number of stations in the aerological data sets of RIHMI-WDC for January 2018-2022

Период	Количество станций, передающих в ТОКФ	Количество станций, передающих в ТАК				
Январь 2018	581	879				
Январь 2019	601	857				
Январь 2020	642	838				
Январь 2021	679	762				
Январь 2022	645	712				

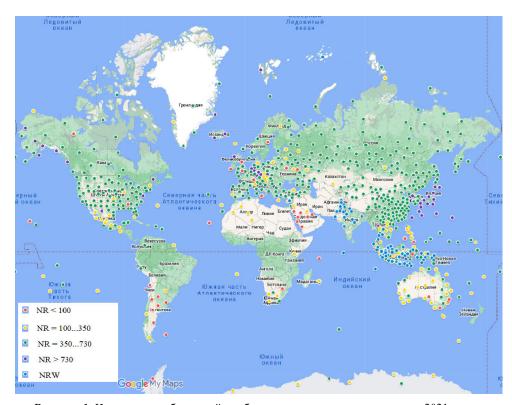


Рисунок 1. Количество наблюдений в таблично-ориентированных кодах за 2021 год на аэрологических станциях

NR – радиозондовые наблюдения, NRW – станции, выполняющие только радиопилотные наблюдения

Figure 1. The number of observations in BUFR codes for 2021 at aerological stations *NR – radiosonde observations, NRW – stations that perform only radio pilot observations*

При отладке технологии архивации был выявлен ряд систематических ошибок, связанных с неправильной кодировкой данных. Детальный анализ за несколько месяцев 2021 г. показал, что наиболее плохая ситуация с передачей данных в ТОКФ имеет место в южных регионах Азии, включая Ближний Восток, Индию и Вьетнам, а также в Африке и Южной Америке (Руденкова, Тимофеев, 2019; Руденкова, Тимофеев, 2022). Наиболее показательны в этом отношении станции Вьетнама. Радиозондовые и радиопилотные данные по станциям Вьетнама были декодированы из сообщений ВUFR, транскодированных из кодов ТЕМР и РІLОТ. При использовании декодеров для преобразования данных из кодов ТЕМР и РІLОТ в ВUFR (особенно сообщений, разделенных на части A, B, C, D) в данных ВUFR обнаруживаются такие же ошибки, которые частично были описаны в отчете Межпрограммной экспертной группы ВМО (Отчет о положении дел..., 2016).

Важной характеристикой аэрологических данных является количество уровней высоты, на которых выполнены измерения. Этот показатель дает представление о степени детализации вертикальной структуры атмосферы. Количество уровней высоты в сводках также отличается большим разнообразием: от данных только на стандартных изобарических поверхностях до данных высокого вертикального разрешения, включающих несколько тысяч уровней. На рис. 2 приведены сведения о среднем за 2021 год количестве уровней в зондированиях, без учета радиопилотных наблюдений. Станции, выполняющие зондирование с высоким вертикальным разрешением, расположены в основном в западной Европе, Японии, на территории Российской Федерации и на юге Южной Америки. При этом следует отметить, что значительная часть российских станций обеспечивает высокое вертикальное разрешение только по температуре, а по скорости ветра количество уровней значительно меньше. Так, за февраль 2022 г. среднее количество уровней по станции 22008 (Мурманск) составляло 2839, а уровней с данными по скорости ветра только 157. Соответствующие значения для станции 23078 (Норильск) составляют 1148 и 110. По сообщению ведущих специалистов Центральной аэрологической обсерватории, это связано с использованием устаревшей версии программного обеспечения, которое выполняет обработку данных по ветру только на стандартных изобарических поверхностях и в особых точках.

Данные массива АЭРОБАФР включают те же параметры, что и обычно: давление, геопотенциальная высота, температура, влажность, скорость и направление ветра в радиозондовых наблюдениях и давление/высота, скорость и направление ветра в радиопилотных наблюдениях. В отличие от традиционных аэрологических телеграмм в состав сводок могут входить сведения о приборах, месте и времени выпуска зонда и смещение по времени и координатам точки измерения от точки выпуска зонда.

Анализ и статистическая обработка данных для аэроклиматических исследований в принципе не отличаются от методов, используемых для традиционных наблюдений. Специально разработанные программные средства позволяют делать необходимые выборки, строить временные ряды измерен-

ных или рассчитанных параметров на заданных уровнях или в слоях и получать их статистические характеристики. Однако, как будет показано ниже, данные высокого вертикального разрешения несут значительно больше информации о вертикальной структуре атмосферы, чем можно было видеть из традиционных измерений.

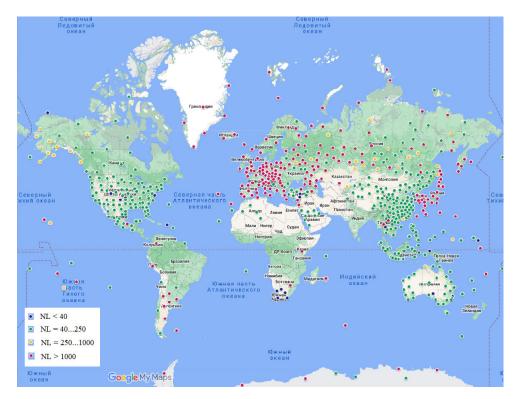


Рисунок 2. Среднее за 2021 год количество уровней NL, на которых выполнены измерения в аэрологических сводках в ТОКФ по станциям

Figure 2. The average number of levels NL for 2021, at which measurements were made in the aerological reports in the TDCF

Данные высокого вертикального разрешения (ВВР)

Существенным отличием таблично-ориентированных кодов и, соответственно, нового массива является возможность усвоения данных высокого вертикального разрешения (ВВР). Данные ВВР отличаются большим количеством уровней, на которых выполняются измерения. Если обычное количество уровней в зондировании составляет 60-100, объем одного 1 файла массива за месяц — 120-140 Мб, то в одном зондировании ВВР содержится несколько тысяч уровней и объем 1 файла массива АЭРОБАФР за месяц составляет 3-3.5 Гб.

Представляет интерес сравнение синхронных данных ВВР с традиционными данными. Для иллюстрации сравнительных характеристик была

выбрана станция с индексом 02365 (Сундсваль, Швеция). Выбор обусловлен тем, что за трехлетний период 2019-2021 гг. за исключением последних месяцев 2021 г., по станции имелись двухразовые традиционные данные и двухразовые данные ВВР, при этом разница во времени выпуска обычного зонда и зонда ВВР составляла 1 час. Количество уровней в данных ВВР за этот период в среднем составляло 3.5-4.5 тысячи.

Сравнение выполнено для отдельных профилей температуры и скорости ветра, для некоторых климатических характеристик и для специальных аэроклиматических характеристик пограничного слоя.

На рис. 3 даны полные вертикальные профили температуры и скорости ветра за срок 00 час 01.12.2019. Количество уровней в обычном профиле 79, в профиле $TOK\Phi - 3227$. В целом видно практическое совпадение особенностей вертикального хода метеоэлементов. Однако при рассмотрении отдельных участков в более крупном масштабе можно видеть различия.

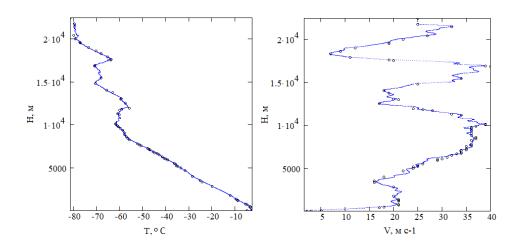


Рисунок 3. Полные профили температуры (слева) и скорости ветра (справа) за срок 00 час 01.12.2019 для станции 02365 по данным BBP (синие точки) и ТАК (черные кружки)

Figure 3. Full profiles of temperature (left) and wind speed (right) for the 00 h 01.12.2019 for station 02365 according to high resolution data (blue dots) and TAC (black circles)

На рис. 4 показаны участки профилей температуры и скорости ветра в самой нижней и в самой верхней части. Распределение температуры в самой нижней части пограничного слоя отличается существенной расслоенностью. Скорости ветра в нижнем слое очень близки, а в верхней части как температура, так и скорость ветра имеют расслоенную структуру.

Сравнение климатических характеристик на стандартных изобарических поверхностях очевидно не даст какой-либо информации о различиях, поэтому сравнение средней температуры и скорости ветра в нижней части атмосферы сделано по данным, осредненным по нескольким слоям. Осреднение произведено по слоям 0-300 м, 300-500 м, 500-1000 м и 1000-1500 м. На рис. 5 дан

годовой ход средней температуры и скорости ветра в слоях 0-300 м и 1000-1500 м. Как видно, годовой ход средней температуры по данным ТАК и ТОКФ практически совпадают. Средняя скорость ветра по данным ТОКФ выше, чем по данным ТАК в самых нижних слоях. Следует отметить, что эта особенность наблюдается не на всех станциях: так, для станции 16662 (Тессалоники, Греция) скорости ветра в нижнем приземном слое не имеют таких различий. Выше 500 м средние скорости ветра практически совпадают.

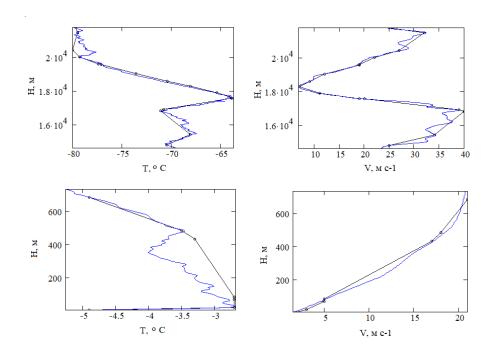


Рисунок 4. Отдельные участки профилей температуры (слева) и скорости ветра (справа) за срок 00 час 01.12.2019 для станции 02365 по данным ВВР (синий) и ТАК (черные линии с кружками)

Figure 4. Separate sections of temperature profiles (on the left) and wind speed (on the right) for the 00 h 01.12.2019 for station 02365 according to high resolution data (blue) and TAC (black lines with circles)

В связи с вертикальной расслоенностью метеэлементов можно предположить, что характеристики пограничного слоя, такие как температурные инверсии, будут иметь существенные различия. В табл. 2 и 3 даны характеристики приземных и приподнятых инверсий, определенных стандартным способом. Как и следовало ожидать, повторяемость инверсий при определении по данным ВВР выше, а интенсивность, мощность и высота нижней границы приподнятых инверсий значительно ниже. По-видимому, для получения сопоставимых оценок характеристик температурных инверсий для данных ВВР надо будет применять сглаживание профиля или использовать пороговые значения перепада температур.

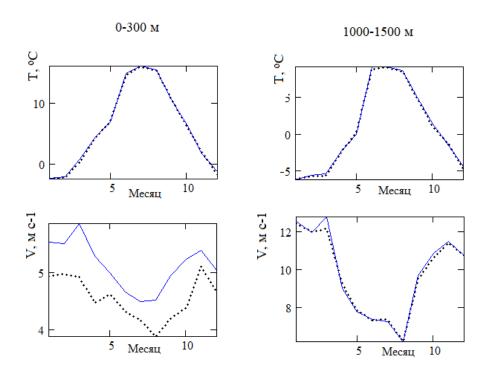


Рисунок 5. Годовой ход осредненных по слоям 0-300 м и 1000-1500 м температуры и скорости ветра по данным ВВР (синий) и ТАК (черный пунктир)

Figure 5. The annual variation of temperature and wind speed averaged over layers 0-300 m and 1000-1500 m according to high redsolution data (blue) and TAC data (black dotted line)

Таблица 2. Характеристики приземных инверсий, станция 02365 период 2019-2021 гг. **Table 2.** Characteristics of surface inversions, station 02365 period 2019-2021

Месяц	Повторя	емость, %	Мощності	ь, м	Интенсивность, °С		
	Траиц.	BBP	Традиц.	BBP	Традиц.	BBP	
1	44.5	57.8	254	45	3.7	2.4	
2	39.6	50.6	319	55	3.8	2.4	
3	28.3	45.5	240	54	3.3	2.1	
4	30.8	43.6	274	274 66		2.3	
5	34.2	49.4	299	57	3.5	1.6	
6	33.8	50.3	282	66	4.0	2.4	
7	32.7	40.4	208	58	2.7	1.6	
8	28.7	34.5	221	60	2.4	1.7	
9	22.5	28.9	327	46	2.2	1.4	
10	23.8	22.5	314	62	2.7	2.2	
11	29.4	42.7	233	41	2.6	1.3	
12	39.1	63.0	364	46	3.6	1.8	

Таблица 3. Характеристики приподнятых инверсий, станция 02365, период 2019-2021 гг.

Table 3. Characteristics of elevated inversions, station 02365, period 2019-2021

Месяц	Повторяє	емость,%	Мощность, м		Интенсивность, °С		Выс. нижней границы, м		
	Традиц.	BBP	Традиц.	BBP	Традиц.	BBP	Традиц.	BBP	
1	36.0	42.2	321	42	2.6	0.7	503	463	
2	38.1	49.4	423	49	2.5	0.7	609	255	
3	29.9	54.5	350	55	2.0	0.1	809	508	
4	24.5	56.4	301	56	2.0	0.3	860	785	
5	18.0	50.5	308	51	0.9	0.1	958	433	
6	30.4	49.7	370	50	1.6	0.2	704	382	
7	13.3	59.6	266	60	1.0	0.3	842	360	
8	17.1	65.5	290	66	1.2	0.2	743	387	
9	17.6	71.1	611	71	1.2	0.2	793	504	
10	20.3	77.5	395	78	1.4	0.4	665	355	
11	52.0	57.3	378	57	2.5	0.2	637	233	
12	44.9	37.0	343	37	2.6	0.9	796	193	

Еще одной аэроклиматической характеристикой пограничного слоя, существенной для различного рода проектных работ, является категория/класс устойчивости атмосферы, определяемая по скорости ветра у поверхности земли и вертикальному градиенту температуры в нижнем слое. Повторяемости категорий устойчивости, рассчитанные по данным ТАК и ТОКФ за тот же период, даны в табл.4. В целом они достаточно близки.

Таблица 4. Повторяемость категорий устойчивости A-F в%, станция 02365, период 2019-2021 гг.

Table 4. Frequency of stability classes A-F in %, station 02365, period 2019-2021

Mec.	A		В		C		D		E		F	
	Tp.	BBP	Tp.	BBP	Tp.	BBP	Tp.	BBP	Tp.	BBP	Tp.	BBP
1	0.6	1.2	8.6	9.3	8.6	9.3	31.9	34.8	3.7	0.6	46.6	44.7
2	1.3	1.3	12.0	19.2	12.6	15.4	34.6	24.4	2.5	2.6	37.1	37.2
3	7.4	7.9	22.9	24.2	14.9	20.0	28.0	21.8	1.7	1.2	25.1	24.9
4	17.0	23.5	20.4	21.5	12.9	8.7	21.1	22.8	4.8	0.0	23.8	23.5
5	13.3	19.9	12.7	8.3	20.3	16.7	27.9	25.6	2.5	3.9	23.4	25.6
6	13.3	13.1	14.6	13.1	17.7	17.0	24.1	21.6	3.8	3.3	25.6	32.0
7	11.5	19.2	19.9	20.5	19.2	14.1	20.5	16.0	5.8	1.9	23.1	28.2
8	20.3	22.8	16.1	16.6	14.7	8.3	22.4	22.1	3.5	3.5	23.1	26.9
9	18.3	25.0	18.3	14.1	15.3	18.8	28.8	24.2	0.8	0.0	18.9	18.0
10	9.8	10.9	16.4	14.0	16.4	19.4	36.1	31.0	2.5	0.8	18.9	24.0
11	1.0	0.0	7.8	13.6	19.6	22.3	46.1	40.8	0.0	0.0	25.5	23.3
12	1.5	0.0	3.7	6.7	11.1	11.1	46.7	42.2	3.0	1.5	34.1	38.5

Заключение

Результатом разработанной технологии усвоения и архивации аэрологических данных в таблично-ориентированных кодовых формах (ТОКФ/ВUFR) является пополнение банка аэрологических данных Единого государственного фонда данных новым массивом. Обработка и формирование файлов массива производится в несколько этапов: прием, оперативное декодирование и занесение в базу данных, ежемесячное формирование файлов массива в соответствии с разработанным форматом долговременного хранения. Тестирование и отладка технологии требуют постоянной проверки и контроля. Как показывает анализ, вплоть до настоящего времени выявляются ошибки разного рода, связанные, в том числе, с ошибками кодирования данных в передающих центрах. Созданные файлы нового массива аэрологических данных из сводок в ТОКФ/ВUFR имеют значительный объем за счет включения данных высокого вертикального разрешения.

Данные высокого вертикального разрешения представляют собой новый материал для исследования свойств атмосферы. Сравнение отдельных характеристик атмосферы по традиционному зондированию и по данным высокого вертикального разрешения из сводок в ТОКФ было выполнено для отдельных метеоэлементов и аэроклиматических величин. Оно показало, что основные характеристики практически совпадают. В то же время благодаря измерениям ВВР можно видеть, что атмосфера расслоена значительно сильнее, чем можно было видеть ранее. В частности, параметры температурных инверсий по данным ВВР оказываются существенно отличны. Более полный и обширный анализ данных высокого вертикального разрешения является предметом дальнейших исследований.

Список литературы

Алдухов, О.А., Черных, И.В. (2018) Долгопериодные изменения скорости ветра в слое атмосферы 0-2 км над российской Арктикой по данным радиозондирования за 1964-2016 гг., *Метеорология и гидрология*, № 6, с. 52-66.

Алдухов, О.А., Черных, И.В. (2013) Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы, в кн.: *Контроль качества и обработка данных*, том 1, ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», Обнинск, 306 с.

Казначеева, В.Д., Руденкова, Т.В. (1985) Организация текущих аэрологических данных на магнитных лентах ЕС, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 115, с. 91-108.

Козлова, Л.Ф., Лавров, А.С., Руденкова, Т.В., Тимофеев, А.А., Хохлова, А.В. (2018) Демонстрационный пакет справочных аэроклиматических характеристик на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 183, с. 59-73.

Лавров, А.С., Хохлова, А.В. (2020) Климатический мониторинг ветра в свободной атмосфере Северного полушария: многолетние характеристики и

тенденции изменчивости, Φ ундаментальная и прикладная климатология, т. 2, с. 58-75.

Наставление по кодам (2015) Международные коды, Часть В – Двоичные коды, часть С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов, т. I.2, Всемирная Метеорологическая Организация, ВМО-№306, 969 с., URL: 306_v.I.2_ColorCover_ru.indd (meteoinfo.ru) (дата обращения 4 августа 2022 г).

Отчет о положении дел в области перехода на таблично-ориентированные кодовые формы. Межпрограммная экспертная группа ВМО по обеспечению и мониторингу представления данных (МПЭГ-ОМПД), (2015) Женева, электронный ресурс, URL: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/MigrationTDCF/PR6868/2015-09-25-PR-6868-OBS-WIS-DRMM-MIGRATION ru.pdf (дата обращения 04.08.2022).

Руденкова, Т.В. (2010) Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 174, с. 41-63.

Руденкова, Т.В. (2018) Структура и содержание нового массива текущих аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодовых формах BUFR, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 181, с. 102-118.

Руденкова, Т.В., Тимофеев, А.А. (2019) О проблемах архивации аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодах BUFR по глобальной сети станций, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 185, с.136-145.

Руденкова, Т.В., Тимофеев, А.А. (2022) Результаты мониторинга полноты и содержания опытных файлов нового массива текущих аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодовых формах BUFR, *Труды ВНИИГМИ-МИД*, вып. 189, с. 128-136.

Сенова, Л.Н. (2020) Обработка системой ОМЕGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып. 183, с. 142-145.

Сенова, Л.Н. (2021) Структура и содержание таблиц базы данных аэрологических и синоптических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR, *Труды ВНИИГМИ-МЦД*, вып.188, с. 189-210.

Хохлова, А.В., Лавров, А.С. (2018) Климатические характеристики струйных течений Северного полушария по радиозондовым наблюдениям, Φ ундаментальная и прикладная климатология, т. 3, с. 96-107.

Черных, И.В., Алдухов, О.А. (2020) Тренды температуры и влажности в нижнем двухкилометровом слое атмосферы над российской Арктикой по данным радиозондирования, *Метеорология и гидрология*, № 9, с. 17-26.

Ingleby, B., Pauley, P., Kats, A., Ator, J., Keyser, D., Doerenbecher, A., Fucile, E., Hasegawa, J., Toyoda, E., Kleinert, T., Qu, W., James, J. St., Tennant, W., Weedon, R. (2016) Progress toward High-Resolution, Real-Time Radiosonde Reports, *Bulletin of the American Meteorological Society*, pp. 2149-2161, available at: DOI:10.1175/BAMS-D-15-00169.1 (accessed 4 August 2022).

Lavrov, A.S., Sterin, A.M., Khokhlova, A.V. (2018) Upper-air climate monitoring: data sources, technological aspects, and some results, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.Sci.*, vol. 211, 012001, IOP Publishing, available at: DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012001 (accessed 4 August 2022).

References

Alduhov, O.A., Chernyh, I.V. (2018) Dolgoperiodnye izmeneniya skorosti vetra v sloe atmosfery 0-2 km nad rossijskoj Arktikoj po dannym radiozondirovaniya za 1964-2016 gg [Long-period changes in wind speed in the atmospheric layer 0-2 km above the Russian Arctic according to radiosonde data for 1964-2016], *Meteorology and Hydrology*, no. 6, pp. 52-66.

Alduhov, O.A., Chernyh, I.V. (2013) *Metody analiza i interpretacii dannyh radiozondirovaniya atmosfery* [Methods of analysis and interpretation of atmospheric radiosonde data], *Kontrol' kachestva i obrabotka dannyh* [Quality control and data processing], vol. 1, Obninsk, Russia, 306 p.

Kaznacheeva, V.D., Rudenkova, T.V. (1985) Organizaciya tekushchih aerologicheskih dannyh na magnitnyh lentah ES [Organization of current aerological data on EU magnetic tapes], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 115, pp. 91-108.

Kozlova, L.F., Lavrov, A.S., Rudenkova, T.V., Timofeev, A.A., Hohlova, A.V. (2018) Demonstracionnyj paket spravochnyh aeroklimaticheskih harakteristik na sajte FGBU «VNIIGMI-MCD» [A demo package of reference aeroclimatic characteristics on the website of RIHMI-WDC], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 183, pp. 59-73.

Lavrov, A.S., Hohlova, A.V. (2020) Klimaticheskij monitoring vetra v svobodnoj atmosphere Severnogo polushariya: mnogoletnie harakteristiki i tendencii izmenchivosti [Climate monitoring of wind in the free atmosphere of the Northern Hemisphere: long-term characteristics and trends of variability], Fundamental and Applied Climatology, vol. 2, pp. 58-75.

Nastavlenie po kodam [Manual on Code] (2015) Mezhdunarodnye kody. T. I.2. Chast' B – Dvoichnyekody. Chast' C – Obshchie elementy dvoichnyh i bukvennocifrovyh kodov [International Codes, Volume I.2, Annex II to the WMO Technical Regulations: Part B – Binary Codes, Part C – Common Features to Binary and Alphanumeric Codes], VMO-№306, 969 p, available at 306_vol.I.2_ColorCover_ru.indd (meteoinfo.ru) (accessed 4 August 2022).

Otchet o polozheniidel v oblasti perekhoda na tablichno-orientirovannye kodovye formy. Mezh programnaya ekspertnaya gruppa VMO po obespecheniyu i monitoringu predstavleniya dannyh (MPEG-OMPD) [Status Report on Migration to Table-Driven Code Forms (MTDCF). Inter-Programme Expert Team on Data Representation Maintenance and Monitoring (IPET-DRMM)] (2015) Geneva, 14 p., available at: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/MigrationTDCF/PR6868/2015-09-25-PR-6868-OBS-WIS-DRMM-MIGRATION_ru.pdf (accessed 4 August 2022).

Rudenkova, T.V. (2010) Format arhivacii tekushchih aerologicheskih dannyh, postupayushchih po kanalam svyazi dlya PEVM [Format for archiving current aerological data received via communication channels for a PC], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 174, pp. 41-63.

Rudenkova, T.V. (2018) Struktura i soderzhanie novogo massiva tekushchih arologicheskih dannyh, postupayushchih iz seti GST v kodovyh formah BUFR [Structure and content of the new array of current aerological data coming from the GST network in code forms BUFR], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 181, pp. 102-118.

Rudenkova, T.V., Timofeev, A.A. (2019) O problemah arhivacii aerologicheskih dannyh, postupayushchih iz seti GST v kodah BUFR po global'noj seti stancij [On the problems of archiving aerological data coming from the GST network in BUFR codes over the global network of stations], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 185, pp. 136-145.

Rudenkova, T.V., Timofeev, A.A. (2022) Rezul'taty monitoringa polnoty i soderzhaniya opytnyh fajlov novogo massiva tekushchih aerologicheskih dannyh, postupayushchih iz seti GST v kodovyh formah BUFR [The results of monitoring the completeness and content of experimental files of a new array of current aerological data coming from the GST network in BUFR], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 189, pp. 128-136.

Senova, L.N. (2020) Obrabotka sistemoj OMEGA dannyh, postupayushchih po kanalam svyazi v kode BUFR [Processing by the OMEGA system of data received via communication channels in the BUFR code], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 183, pp. 142-145.

Senova, L.N. (2021) Struktura i soderzhanie tablic bazy dannyh aerologicheskih i sinopticheskih nablyudenij, postupayushchih po kanalam svyazi v kode BUFR [Structure and content of the tables of the database of aerological and synoptic observations received via communication channels in the BUFR code], *Trudy VNIIGMI-MCD*, issue 188, pp. 189-210.

Hohlova, A.V., Lavrov, A.S. (2018) Klimaticheskie harakteristiki strujnyh techenij Severnogo polushariya po radiozondovym nablyudeniyam [Climatic characteristics of jet streams of the Northern Hemisphere by radiosonde observations], *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 3, pp. 96-107.

Chernyh, I.V., Alduhov, O.A. (2020). Trendy temperatury i vlazhnosti v nizhnem dvuh kilometrovom sloe atmosfery nad rossijskoj Arktikoj po dannym radiozondirovaniya [Trends in temperature and humidity in the lower two-kilometer layer of the atmosphere over the Russian Arctic according to radiosonding data], *Meteorology and Hydrology*, no. 9, pp. 17-26.

Ingleby, B., Pauley, P., Kats, A., Ator, J., Keyser, D., Doerenbecher, A., Fucile, E., Hasegawa, J., Toyoda, E., Kleinert, T., Qu, W., James, J. St., Tennant, W., Weedon, R. (2016) Progress toward High-Resolution, Real-Time Radiosonde Reports, *Bulletin of the American Meteorological Society*, pp. 2149-2161, available at: DOI:10.1175/BAMS-D-15-00169.1 (accessed 4 August 2022).

Lavrov, A.S., Sterin, A.M., Khokhlova, A.V. (2018) Upper-air climate monitoring: data sources, technological aspects, and some results, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.Sci.*, vol. 211, 012001, IOP Publishing, available at: DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012001 (accessed 4 August 2022).

Статья поступила в редакцию (Received): 10.08.2022.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 05.09.2022.

Принята к публикации (Accepted): 16.09.2022.

Для цитирования / For citation:

Хохлова, А.В., Беспрозванных, А.В., Руденкова, Т.В., Сенова, Л.Н., Тимофееев, А.А. (2022) Архивация аэрологических данных в таблично-ориентированных кодовых формах: некоторые результаты, Φ ундаментальная и прикладная климатология, т. 8, № 3, с. 88-103, doi:10.21513/2410-8758-2022-3-88-103.

Khokhlova, A.V., Besprozvannih, A.V., Rudenkova, T.V., Senova, L.N., Timofeev, A.A. (2022) Archiving of aerological data in table driven code formats: some results, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 8, no. 3, pp. 88-103, doi:10.21513/2410-8758-2022-3-88-103.