

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Т Р У Д Ы
ВСЕРОССИЙСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ –
МИРОВОГО ЦЕНТРА ДАННЫХ



*Под редакцией
кандидата технических наук В. С. Косых,
доктора физико-математических наук А. М. Стерина*

ОБНИНСК
2019

Адрес: 249031, Обнинск, ул. Королёва, 6
Телефон: (484) 396-40-85
Факс: (484) 396-86-11
E-mail: wdcb@meteo.ru
Web site: <http://www.meteo.ru>

Редакционная коллегия

Главный редактор к.т.н. В. С. Косых

Зам. главного редактора д.ф.-м.н. А. М. Стерин

Ответственный секретарь к.ф.-м.н. И. В. Черных

Члены редколлегии: к.т.н. С. В. Белов, д.т.н. Е. Д. Вязилов,

к.г.н. Е. Д. Гниломедов, к.г.н. Н. Н. Коршунова, к.ф.-м.н. С. Г. Сивачок,

д.г.н. М. З. Шаймарданов, д.г.н. Б. Г. Шерстюков, к.ф.-м.н. А. В. Хохлова

В сборнике представлены статьи, излагающие результаты исследований в области гидрометеорологии, климатологии, климатического обслуживания, соответствующих информационных технологий. Значительное количество статей посвящается вопросам обеспечения климатической информацией и результатам эмпирико-статистического анализа структуры и изменений приземного климата, климата свободной атмосферы, климата гидросферы. Изложено описание ряда новых технологий и отдельных новых блоков существующих технологий обработки гидрометеорологической информации, её контроля и формирования выходной продукции. Изложены результаты анализа воздействий опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды на отрасли экономики (в частности на автотранспорт). Дается описание технологии формирования и структуры специализированных массивов данных. Затронуты вопросы развития и гармонизации единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды.

Сборник будет полезен сотрудникам Росгидромета, широкому кругу специалистов в охватываемых областях, а также различным категориям заинтересованных читателей.

The book contains articles describing the results of research in the field of hydrometeorology, climatology, climate services, and relevant information technologies. A significant number of articles are devoted to the issues of providing climate information and the results of empirical-statistical analysis of the structure and changes of the surface climate, the climate of the free atmosphere, and the climate of the hydrosphere. A description is given of a number of new technologies and individual new blocks of existing technologies for processing of hydrometeorological information, its control and formation of output products. The results of the analysis of the effects of hazardous hydrometeorological phenomena and adverse weather conditions on economic sectors (in particular, on automobile transportation) are presented. The technology of formation and the structure of specialized data sets are described. The issues of development and harmonization of a unified methodological base of the Union State activities in the field of hydrometeorology and environmental monitoring are touched.

The book will be useful to Roshydromet employees, a wide range of specialists in the areas covered, as well as to various categories of interested readers.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Коршунова Н. Н., Трофименко Л. Т., Кузнецова В. Н., Зверева Г. Н., Разуваев В. Н.</i> Обслуживание различных отраслей экономики и потребителей климатической информацией.....	5
<i>Финаев А. Ф., Разуваев В. Н.</i> Оценка биоклиматического индекса суровости климатического режима на территории России	18
<i>Шерстюков Б. Г.</i> Короткопериодные колебания климата по данным наблюдений, их закономерности и предпосылки для прогноза с заблаговременностью более одного года	40
<i>Воронцов А. А.</i> Характеристики климатических изменений уровня морей России за последние 40 лет.....	56
<i>Швец Н. В., Разуваев В. Н., Катина С. П.</i> Специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм	67
<i>Финаев А. Ф., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т., Кузнецова В. Н.</i> Изменение температуры воздуха на Европейской территории России	77
<i>Романенко Л. И., Згура А. Ю.</i> Средства контроля качества агрометеорологической информации	90
<i>Козлова Л. Ф., Хохлова А. В.</i> Повторяемость инверсий температуры по данным наблюдений на аэрологической станции Салехард.....	105
<i>Черных И. В., Алдухов О. А.</i> Годовой ход параметров сплошных облачных слоёв над Арктикой на фоне их глобальных оценок по многолетним радиозондовым данным	115
<i>Руденкова Т. В., Тимофеев А. А.</i> О проблемах архивации аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодах BUFR по глобальной сети станций	136
<i>Романенко Л. И., Згура А. Ю., Шевченко А. И.</i> Автоматизированное рабочее место агрометеоролога (ARMAGRO)	146
<i>Вязилова Н. А., Вязилов А. Е.</i> О плотности траекторий и районах генезиса внетропических циклонов, выходящих на Европейскую территорию России.....	164
<i>Хохлова А. В.</i> Определение климатических характеристик скорости ветра на высотах до 600–650 метров по приземным измерениям.....	175
<i>Правосудько Т. П., Амелъченко Е. В., Волкова Л. А.</i> Технология формирования ежегодника по снежному покрову и создания файлов архивного хранения в автономном программном комплексе ПЕРСОНА СНП	187
<i>Рыбанова А. Ю., Воробьева Л. Н., Фокичева А. А., Коршунов А. А.</i> Динамика воздействий условий погоды и экономический эффект специализированного гидрометеорологического обеспечения автотранспортной системы	204
<i>Амелъченко Е. В., Зубрицкая Е. Н.</i> Программное обеспечение формирования режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций в составе Автоматизированной системы первичной обработки текущей метеорологической информации станций ПЕРСОНА МИС	222
<i>Кашина И. И., Кузнецов А. А.</i> О реализации задач по развитию и гармонизации единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды.....	244

CONTENTS

<i>Korshunova N. N., Trofimenko L. T., Kuznetsova V. N., Zvereva G. N., Razuvaev V. N.</i> Providing services for different economic sectors and users of climate information	5
<i>Finaev A. F., Razuvaev V. N.</i> Assessment of bioclimatic index of severity of climatic regime on the territory of Russia.....	18
<i>Sherstyukov B. G.</i> Short-period climate variations from observational data, their regularities and prerequisites for forecasting with lead time of more than one year	40
<i>Vorontsov A. A.</i> Characteristics of climatic changes in the Russian sea level in the recent 40 years	56
<i>Shvets N. V., Razuvaev V. N., Katina S. P.</i> Specialized data set containing the number of days with precipitation equal to or more than 1 mm.....	67
<i>Finaev A. F., Razuvaev V. N., Trofimenko L. T., Kuznetsova V. N.</i> Air temperature change over European Russia	77
<i>Romanenko L. I., Zgura A. Yu.</i> Means of agrometeorological information quality control.....	90
<i>Kozlova L. F., Khokhlova A. V.</i> Climatic characteristics of surface temperature inversions on upper air data from Salekhard station.....	105
<i>Chernykh I. V., Aldukhov O. A.</i> Annual changes in parameters of overcast layers over the Arctic Region against their global estimations from long-term radio-sounding data.....	115
<i>Rudenkova T. V., Timofeev A. A.</i> On the archiving of upper-air data received from GTS in BUFR codes for the global network of stations.....	136
<i>Romanenko L. I., Zgura A. Yu., Shevchenko A. I.</i> Agrometeorologist's Automated Workstation (AGROAW)	146
<i>Vyazilova N. A., Vyazilov A. E.</i> On the tracks density and regions of extratropical cyclones genesis over European Russia	164
<i>Khokhlova A. V.</i> Determination of wind speed climatic characteristics at altitudes of 600 – 650 m from surface measurements.....	175
<i>Pravosudko T. P., Amelchenko E. V., Volkova L. A.</i> Technology of Snow Yearbook formation and creation of data archiving files in SNP PERSONA standalone software application.....	187
<i>Rybanova A. Yu., Vorobiova L. N., Fokicheva A. A., Korshunov A. A.</i> Weather impact dynamics and economic effect of specialized hydrometeorological support provided for the highway transport system.....	204
<i>Amelchenko E. V., Zubritskay E. N.</i> Software for monitoring data generation from automatic weather stations' data as part of the Automated primary data processing system for current meteorological information of the stations PERSONA MIS	222
<i>Kashina I. I., Kuznetsov A. A.</i> About realization of tasks on the development and harmonization of the unified methodological base of the Union State activity in hydrometeorology and environmental monitoring.....	244

УДК [551.501:004]:33

ОБСЛУЖИВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

***Н. Н. Коршунова¹, Л. Т. Трофименко², В. Н. Кузнецова³,
Г. Н. Зверева⁴, В. Н. Разуваев⁵***

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»*

*¹ nnk@meteo.ru, ² tlt@meteo.ru, ³ kuznezova@meteo.ru,
⁴ gnzvereva@meteo.ru, ⁵ razuvaev@meteo.ru*

Введение

В последние годы обслуживание различных групп потребителей климатической информацией стало одним из главных направлений деятельности отдела климатологии ВНИИГМИ-МЦД. Увеличение потребности в климатической информации вызвано, во-первых, возросшей зависимостью хозяйственной деятельности человека от погодно-климатических условий из-за роста опасных и экстремальных явлений в условиях потепления климата [1 – 3]. Во-вторых, рациональное ведение хозяйственной деятельности и её планирование невозможно без учёта климатических особенностей региона, а появление новых отраслей и новых производств, освоение новых территорий предъявляет новые требования к обслуживанию климатической информацией. Различные отрасли экономики в разной степени зависят от погодных условий, поэтому прикладные исследования и их результаты должны быть адресными, ориентированными на нужды и требования конкретного сектора экономики. Специалистами ГГО концепция климатологического обслуживания определена как научное и информационно-аналитическое обеспечение адаптации экономики и населения к текущему и ожидаемому состоянию климатической системы [4 – 6]. В [6] приводятся реестры основных задач пользователей в транспортной отрасли экономики и климатические показатели, которые необходимы для решения этих задач.

В систему климатических показателей для обслуживания потребителей входит набор статистических характеристик метеорологических величин и атмосферных явлений, который может меняться в зависимости от требований отрасли или заказчика.

Целью данной работы является анализ и обобщение опыта адресного обслуживания климатической информацией потребителей с учётом климатических особенностей регионов и требований различных отраслей экономики.

Во ВНИИГМИ-МЦД обслуживание климатической информацией проводится двумя способами – через Интернет и в рамках договоров на предоставление информационных услуг.

1. Обслуживание климатической информацией через Интернет

В рамках реализации концепции глобальной рамочной основы ВМО для климатического обслуживания должно быть обеспечено функционирование открытого полноценного доступа к специализированным климатическим массивам исторических данных через Интернет (регулярное пополнение, расширение состава массивов) (Принцип 6: содействовать бесплатному и открытому обмену данными наблюдений). С этой целью было принято решение о размещении массивов данных наблюдений на веб-сайте института. Накопленный во ВНИИГМИ-МЦД опыт подготовки на современных технических носителях высококачественных массивов метеорологических данных позволил разместить в открытом доступе массивы метеорологических и аэрологических данных различного временного разрешения (рис. 1).

Основные характеристики специализированных массивов и требования, предъявляемые к ним, описаны в [7]. Все специализированные массивы по метеорологическим параметрам прошли государственную регистрацию в Роспатенте [8–19]. За прошедшие годы к специализированным массивам проявило интерес большое количество пользователей (табл. 1), с каждым годом растёт число зарубежных пользователей (табл. 2). Организованная обратная связь помогла не только пользователям эффективно использовать предоставленную информацию, но и авторам улучшать качество массивов.



Рис. 1. Специализированные информационные базы данных на сайте ВНИИГМИ-МЦД

Кроме специализированных массивов, данными которых пользователи могут воспользоваться для собственных расчётов и исследований, на сайте размещена реплика электронного научно-прикладного справочника «Климат России», содержащая полный набор таблиц статистических характеристик основных метеорологических параметров для 239 станций России.

Наряду со стандартными статистическими характеристиками в НПС «Климат России» включены специализированные климатические характеристики, представляющие собой комплексы метеопараметров, которые используются для проектирования и обеспечения климатической информацией различных отраслей

экономики [20]. В последнюю версию НПС добавлен раздел «Отраслевое приложение», содержащий дополнительные климатические характеристики для сельского хозяйства, строительства, лесного хозяйства, здравоохранения и туризма. В 2018 году было выполнено 3235 обращений к НПС «Климат России».

Таблица 1

Статистика обращения к специализированным массивам

	год				
	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	год
2016					
Число пользователей	10929	10637	12303	13062	13062
Число сеансов	6676	7955	6135	7676	28442
Число запросов	4979	6463	5185	6146	22773
Объём данных (ГБ)	53	64	34	146	297
2017					
Число пользователей	13918	14676	15224	16198	16198
Число сеансов	7968	12994	5135	4668	21765
Число запросов	7964	12977	5076	4588	21479
Объём данных (ГБ)	180	194	109	192	675
2018					
Число пользователей	17286	19569	18906	20509	20509
Число сеансов	7807	6920	4755	7375	26857
Число запросов	7669	8916	4912	5355	26852
Объём данных (ГБ)	157	260	141	253	811

Таблица 2

Число пользователей специализированных массивов по странам

Название страны	2016	2017	2018
Россия	13332	13750	16203
Украина	252	260	349
Казахстан	175	177	199
США	70	82	96
Германия	60	74	91
Великобритания	56	60	44
Беларусь	52	84	107
Китай	45	60	75

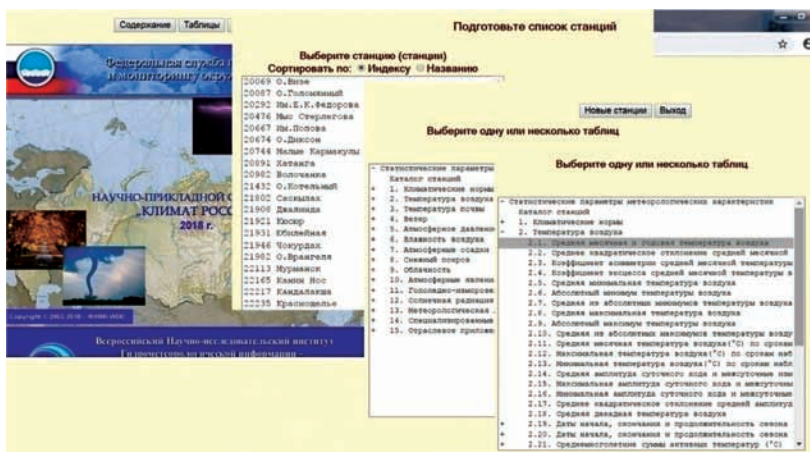


Рис. 2. Электронный научно-прикладной справочник «Климат России» на сайте ВНИИГМИ-МЦД

2. Обслуживание климатической информацией по договорам на предоставление информационных услуг

За период 2008 – 2019 гг. выполнено более 300 договорных работ по предоставлению гидрометеорологической информации организациям, представляющим самые разные отрасли экономики (табл. 3).

Таблица 3
Распределение договоров на предоставление гидрометеорологической информации по отраслям экономики

№ п/п	Отрасль экономики	Число договоров
1.	Проектно-изыскательские работы:	
	- в области рационального распределения и использования газа;	15
	- проектирование инженерных и гидротехнических сооружений, движения транспортных потоков;	42
	- в области архитектуры, промышленном проектировании;	18
	- в строительстве	26

Окончание табл. 3

№ п/п	Отрасль экономики	Число договоров
2.	Транспорт: - трубопроводный; - железнодорожный и метро; - воздушный и космическая отрасль; - автомобильный; - водный и морской	46 35 9 7 12
3.	Добывающая отрасль: - геолого-разведочные, геофизические и геохимические работы по изучению недр; - добыча нефти, газа, угля, золота	33 9
4.	Энергетика	15
5.	Экология и охрана окружающей среды	17
6.	Сельское хозяйство	3
7.	Торговля	3
8.	Машиностроение и химическое производство	2
9.	Здравоохранение и образование	2
10.	Коммунальное хозяйство	1
11.	Судебное производство и адвокатура	3

2.1. Данные

Договорные работы по предоставлению гидрометеорологической информации выполняются по данным расширенных версий специализированных массивов различного временного разрешения, подготовленных специалистами ВНИИГМИ-МЦД для решения исследовательских и прикладных задач. Массивы подготовлены на основании данных Госфонда Росгидромета, который является частью Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, её загрязнении (ЕГФД) и дополнены опубликованными данными справочных пособий. Специализированные массивы, размещённые в открытом доступе на официальном сайте ВНИИГМИ-МЦД, о которых упоминалось выше, являются репликами расширенных версий массивов. Расширенные версии массивов также регулярно пополняются данными за истекший год, что позволяет использовать для выполнения договорных работ актуальные данные. И этот факт является

основным преимуществом ВНИИГМИ-МЦД в плане обслуживания потребителей климатической информацией.

2.2. Представление результатов

По итогам выполнения договорной работы заказчику предоставляется аналитическая справка, которая является по сути исследованием климатических условий конкретного региона с учётом требований соответствующей отрасли экономики. Как видно из табл. 3, наибольшее число запросов выполнено по предоставлению гидрометеорологической информации для безопасного и эффективного функционирования всех видов транспорта, а также для проектирования новых трубопроводов, дорог и мостов. На примере транспортной отрасли рассмотрим особенности специализированного обслуживания климатической информацией.

Транспортная отрасль является одной из наиболее зависимых отраслей от погодных и климатических условий, которые оказывают значительное влияние на работу наземного, морского, речного и воздушного транспорта. Основным видом транспорта в России – железнодорожный. Страна обладает огромной протяжённостью железных дорог, значительная часть из них электрифицирована, что обеспечивает высокую пропускную способность. Влияние погодных и климатических условий на работу железнодорожного транспорта подробно описано в [21, 22].

Наибольшее влияние на работу оборудования железных дорог и эксплуатацию подвижного состава оказывает температура воздуха. Выделены пороговые значения температуры воздуха, опасные для работы железнодорожного транспорта: высокие $t > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и низкие $t < -25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опасно высокие и опасно низкие температуры воздуха могут привести к выбросу рельсов, разрыву стыков и повреждению подвижного состава, что влечёт за собой возникновение аварийных ситуаций и наносит значительный ущерб отрасли.

В 2016 году по техническому заданию ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» была выполнена работа по определению минимальных температур воздуха вблизи существующих, строящихся и перспективных

участков сети железных дорог по районам эксплуатации (на железнодорожных станциях) грузовых вагонов на территории Российской Федерации. Результаты были представлены в виде набора таблиц, одна из которых приводится ниже.

Таблица 4

Абсолютный минимум температуры воздуха за весь период наблюдений вблизи строящихся и перспективных участков сети железных дорог

Направление участка железной дороги	Наименование станции	Название ближайшей метеорологической станции	Абсолютный минимум температуры воздуха		
			значение	дата	период
Пермь – Сыктывкар	Сыктывкар	Сыктывкар	-46,6	01.1973	1888 – 2015
	Кудымкар	Кудымкар	-52,7	12.1978	1922 – 2015
Ухта – Индига	Ухта	Ухта	-48,5	01.1973	1946 – 2015
	Кедвавом	Кедвавом	-55,3	01.1973	1941 – 2015
	Усть-Цильма	Усть-Цильма	-51,5	12.1919	1891 – 2015
	Индига	Индига	-43,2	01.1999	1923 – 2015
Воркута – Усть-Кара	Воркута	Воркута	-52,2	12.1978	1946 – 2015
	Усть-Кара	Усть-Кара	-46,4	01.1970	1942 – 2015
Ивдель – Лабытнанги	Ивдель	Ивдель	-49,0	01.1973	1934 – 2015
	Лабытнанги	Салехард	-54,0	02.1895	1883 – 2015
Салехард – Надым	Надым	Надым	-57,7	01.1973	1954 – 2015
	Салехард	Салехард	-54,0	02.1895	1883 – 2015
Харасавэй – Паюта – Новый Порт	Новый Порт	Новый Порт	-50,9	01.1971	1924 – 2015
	Паюта	Салехард	-54,0	02.1895	1883 – 2015
	Харасавэй	Харасавэй	-49,6	01.1967	1953 – 1997
Коротчаево – Курейка – Норильск	Коротчаево	Новый Уренгой	-53,8	01.2006	1981 – 2015
	Русское	Сидоровск	-55,0	12.1984	1947 – 2015
	Курейка	Курейка	-56,5	12.1984	1955 – 2015
	Игарка	Игарка	-56,5	01.1935	1936 – 2015
	Норильск	Норильск	-56,1	01.1935	1961 – 2015
	<i>Примечание: самая низкая температура воздуха в западных районах Таймыра отмечена в январе 1979 года на мс Исток (-60,4 °С)</i>				

Продолжение табл. 4

Направление участка железной дороги	Наименование станции	Название ближайшей метеорологической станции	Абсолютный минимум температуры воздуха		
			значение	дата	период
Колпашево – Усть-Илимск	Колпашево	Колпашево	-51,4	01.1931	1925 – 2015
	Мотыгино	Мотыгино	-52,3	01.1947	1936 – 2015
	Кодинск	Кежма	-59,5	12.1950	1929 – 1994
	Усть-Илимск	Усть-Илимск	-55,0	01.1966	1936 – 1988
	Чадобецкий ГОК	Богучаны	-53,5	01.1947	1930 – 2015
Усть-Кут – Ленск	Ленск	Ленск	-57,1	12.1959	1940 – 2015
	Усть-Кут	Усть-Кут	-53,2	01.1951	1933 – 2015
	Киренск	Киренск	-57,8	01.1966	1892 – 2015
Хани – Олекминск	Олекминск	Олекминск	-60,1	01.1907	1882 – 2015
	<i>Примечание:</i> самая низкая температура воздуха в южных районах Якутии отмечена в январе 1946 года на мс Амга (-63,1 °C)				
Алдан – Якутск – Усть-Нера – Магадан	Алдан	Алдан	-51,1	01.1927	1927 – 2015
	Магадан	Магадан	-34,6	01.1954	1936 – 2015
	Усть-Нера	Нера	-62,0	02.1946	1938 – 2015
	Якутск	Якутск	-64,4	02.1891	1888 – 2015
	Мома	Усть-Мома	-62,1	01.1964	1937-2015
	Хандыга	Крест-Хальджай	-61,6	01.1935	1934 – 2015
	<i>Примечание:</i> самая низкая температура воздуха в юго-восточных районах Якутии отмечена в феврале 1933 года на мс Оймякон (-67,7 °C)				
Мома – Дачный – Узлен	Мома	Усть-Мома	-62,1	01.1964 02.1969	1937 – 2015
	Дачный	Илирней	-64,4	01.1964	1944 – 2015
	Узлен	Узлен	-45,3	02.1955	1966 – 2015
	Верхнеколымск	Зырянка	-58,8	01.1966	1935 – 2015
	Анюй	Островное	-59,8	02.1966	1936 – 2015
	Певек	Певек	-52,4	02.1978	1940 – 2015
	Амгуэма	Амгуэма	-50,9	02.1973	1955 – 1995
	Эгвекино	Эгвекино	-46,9	02.1993	1955 – 2015
	Ионивеем	Эньмувеем	-56,1	01.1989	1946 – 2015

Окончание табл. 4

Направление участка железной дороги	Наименование станции	Название ближайшей метеорологической станции	Абсолютный минимум температуры воздуха		
			значение	дата	период
Дачный – Петропавловск-Камчатский	Дачный	Илирней	-64,4	01.1964	1944 – 2015
	Петропавловск-Камчатский	Петропавловск-Камчатский	-31,8	01.1916	1895 – 2015
	Марково	Марково	-59,5	01.1910	1894 – 2015
	устье р. Белая	Каменское	-52,6	12.1970	1953 – 2015
	Тиличики	Корф	-40,6	01.1973	1929 – 2012
	Оссора	Оссора	-41,1	01.2012	1935 – 2015
	Ключи	Ключи	-48,6	01.1916	1886 – 2015
<i>Примечание:</i> самая низкая температура воздуха на территории Камчатского края отмечена в феврале 1973 года на мс Верхне-Пенжино (-59,5 °С)					

Особый вид транспорта представляют собой трубопроводы, с помощью которых осуществляется транспортировка на огромные расстояния жидких, газообразных и твёрдых продуктов. При проектировании и строительстве трубопровода, который тянется на огромные расстояния через различные климатические зоны, необходимо учитывать большое число климатических показателей для долговечной, безопасной и рациональной эксплуатации трубопровода. Критические значения специализированных климатических показателей для проектирования трубопроводов и последствия, которые вызывают их превышения, приводятся в [5]. В последние три года несколько крупных договорных работ выполнено в связи со строительством нового газопровода «Сила Сибири». Поскольку магистральные газопроводы, как правило, прокладываются под землёй, особое внимание было уделено анализу температуры почвы на глубинах в районе строительства газопровода. На рис. 3 представлено распределение температуры почвы на стандартных глубинах на метеорологических станциях, расположенных в районе строительства газопровода «Сила Сибири».

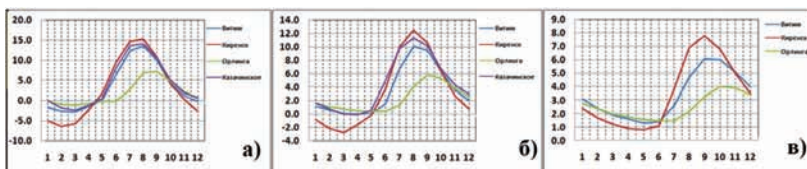


Рис. 3. Температура почвы на стандартных глубинах (а – 80 см; б – 160 см; в – 320 см) на метеорологических станциях, расположенных в районе строительства газопровода «Сила Сибири»

Заключение

В настоящее время востребованы оба способа обслуживания потребителей климатической информацией. Приведённая статистика обращения к специализированным массивам метеорологических данных и электронному научно-прикладному справочнику «Климат России», выставленным на официальном сайте ВНИИГМИ-МЦД, свидетельствует о возросшем интересе к климатической информации для использования не только в прикладных, но и исследовательских целях. Об этом можно судить по многочисленным откликам, которые получают специалисты института.

Увеличение договорных работ на предоставление информационных услуг свидетельствует об осознании того факта, что правильное и эффективное использование климатической информации, учёт региональных климатических особенностей помогает в рациональном использовании природных, производственных и людских ресурсов, проектировании и строительстве надёжной и функциональной инфраструктуры, адаптации всех отраслей экономики к изменениям климата, которые наблюдаются в последние годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оценочный доклад* об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменений климата. М., 2008.
2. Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н., Шаймарданов М. З., Швець Н. В. Изменчивость экстремальных климатических явлений на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 16 – 31.

3. *Повышение защищённости от экстремальных метеорологических и климатических явлений* // ВМО-№ 936. Женева. 2002. 36 с.

4. *Рекомендации по расчёту специализированных климатических характеристик*. Л.: Гидрометеиздат, 1997. 76 с.

5. *Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами* / Под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н. В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.

6. *Методические рекомендации по расчёту специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики*. Строительство. Транспорт. СПб., 2017. 160 с.

7. Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н. Специализированные массивы данных для климатических исследований // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 136 – 148.

8. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т., Швець Н. В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. 2014.

9. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТР). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. 2014.

10. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н., Швець Н. В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. 2015.

11. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т., Швець Н. В. Описание массива данных среднемесячного давления воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620330. 2015.

12. Апасова Е. Г., Клеценко Л. К. Описание массива данных суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015621446. 2015.

13. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Швець Н. В., Кузнецова В. Н. Описание массива данных среднемесячного парциального давления водяного пара на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620694. 2014.

14. Булыгина О. Н., Веселов В. М., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549. 2014.

15. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива данных «Характеристики снежного покрова на метеорологических станциях России и бывшего СССР». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621201. 2014.
16. Булыгина О. Н., Веселов В. М., Александрова Т. М., Коршунова Н. Н. Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620081. 2015.
17. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива данных «Маршрутные снегомерные съёмки». Свидетельство о государственной регистрации № 2013620279. 2013.
18. Швець Н. В., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н. Описание массива данных числа дней с осадками > 1 мм на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации № 2018621639. 2018.
19. Швець Н. В., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т. Описание массива данных среднемесячного давления воздуха на уровне моря на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации № 2018621521. 2018.
20. Булыгина О. Н., Веселов В. М., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н. Научно-прикладной электронный справочник «Климат России» // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 302 – 312.
21. Хандожко Л. А. Экономическая метеорология. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 490 с.
22. Зябриков В. А., Кобышева Н. В., Циркунов В. С. Климат и железнодорожный транспорт. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2000. 187 с.

УДК 551.586

ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА СУРОВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А. Ф. Финаев¹, В. Н. Разуваев²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»*

¹ afinaev@meteo.ru, ² razuvaev@meteo.ru

Введение

Разнообразие природно-климатических зон России создаёт различные условия комфортности для жизнедеятельности проживающего населения. Программы развития экономики предполагают проведение работ в различных климатических районах, которые во многом зависят от комфортности климата на данной территории. Оценка суровости климата имеет большое значение для организации режима труда, мер профилактики и медицинского обслуживания персонала, создания средств жизнеобеспечения и защиты, планирования оптимальных сроков проведения работ, оценки изменения производительности труда и т. д. Во многих странах при освоении северных и труднодоступных регионов учитывается нагрузка влияния природных факторов на организм человека. В российских программах развития северных территорий нет чёткого обоснования оценки климатического дискомфорта [1]. На примере Магаданской области сделана попытка проанализировать законы, регулирующие районирование территории России в зависимости от экстремальных условий окружающей среды, и показать уровень дискомфорта этого региона [2]. В Руководстве по специализированному климатологическому обслуживанию экономики [3] представлено около двадцати основных индексов оценки воздействия климата на человека. Обычно эти индексы использовались в целях курортологии, рекреации и медицины. Многочисленность индексов говорит о том, что нет единого мнения по оценке воздействия климатической среды на человека. Из всего многообразия таких оценок можно выделить Биоклиматический индекс суровости метеорологического режима

(БИСМ) [3–5]. В настоящее время этот показатель называется Биоклиматическим индексом суровости климатического режима, в соответствии с международной интерпретацией на английском языке – BISCR (Bioclimatic Index of Severity of Climatic Regime) [6]. В дальнейшем авторы статьи будут придерживаться этой аббревиатуры. При оценке уровня дискомфорта с помощью этого индекса в Магаданской области [2] использовалось административное деление территории, которое удобно для руководящих органов. Такая оценка не совсем корректна, так как природные факторы не подчиняются административным границам. В конкретной административной единице могут быть различные уровни дискомфорта в зависимости от географических условий. Принципы расчёта BISCR таковы, что с его помощью можно оценивать уровень дискомфорта в различных временных интервалах и условиях обитания человека. Оценки дискомфорта по BISCR, выполненные в условиях Антарктиды [6] и в различных климатических поясах (от пустынь до высокогорных ледников) Таджикистана [5, 7], показали хорошие результаты. Тестирование индекса BISCR по данным восьми станций [8], расположенных в различных регионах России, показало возможность его использования на этой территории.

Комфортность климатических факторов влияет на производительность труда (Lp – «labor productivity»), так как часть энергетических затрат организма уходит на преодоление и компенсацию неблагоприятных условий окружающей среды. После разработки сценариев глобального изменения климата активизировались исследования влияния этих изменений на Lp и возникновения убытков в экономике [9, 10]. Отмечалось, что тепловые нагрузки могут ухудшить здоровье и Lp . В [11] приводится обзор исследований в этой области и говорится, что «существует чёткая взаимосвязь между условиями жары на рабочем месте и экономическими показателями и устойчивым развитием». В [12, 13] показаны оптимальные температурные зоны для дохода с км². Особенно обеспокоены этой проблемой в странах с тёплым климатом [14, 15]. К решению этой проблемы подключились и крупные международные объединения, такие как Европейское содружество [16] и Международная организация труда (МОТ) [17]. В докладе МОТ

использованы данные о климате, физиологии и занятости, а также представлены оценки текущих и прогнозируемых потерь производительности на национальном, региональном и глобальном уровнях. Все эти исследования в основном посвящены повышению глобальной температуры на 1,5 – 2 °С, хотя и имеются некоторые оценки связи всего диапазона температур с производительностью труда [12, 13].

Территория России охватывает большое количество климатических поясов, а изменения температуры в течение года охватывают диапазон несколько десятков градусов. Температура воздуха является одним из основных параметров оценки BISCR. В данной статье представлены результаты решения двух задач: оценки уровня дискомфорта и связанные с этим изменения производительности труда. Оценка проведена в среднем за различные месяцы и сезоны года по всей территории России.

1. Биоклиматический индекс суровости климатического режима

Для расчёта BISCR используются следующие показатели: температура воздуха (T , °С); атмосферное давление (P , hPa); скорость ветра (V , м/с); относительная влажность воздуха (F , %); высота местности над уровнем моря (H , м). По мнению авторов, использование этих параметров даёт интегральную и наиболее оптимальную оценку воздействия метеорологических условий и географической среды на человека. Данный индекс является мерой комфорта, который отражает воздействие разных климатических условий на организм человека, а принципы, лежащие в его основе, описаны в работе В. Ш. Белкина [18].

1.1. Источники данных

Для расчёта и построения карт BISCR в ArcGIS по территории России необходимы поля среднемесячных составляющих индекса, имеющие одинаковое разрешение в соответствии с DEM (~1 км²). Подготовка этих полей выполнена с использование двух источников данных. Первый источник – климатические данные 518 станций России [19], второй источник – поля климатических данных с Web-сайта Global Climat-WorldClim Version2 с

разрешением в соответствии с DEM [20]. Оба источника представляют среднемесячные данные за период с 1970 по 2000 год. Не все поля составляющих формулы BISCR имеются в базе Global Climat-WorldClim Version2, поэтому поля давления на уровне местности и относительной влажности были рассчитаны по данным метеорологических станций. Для расчёта BISCR были подготовлены поля следующих составляющих формулы:

1. *Температура воздуха:*

Источник 1: Данные станций.

Источник 2: Поля ежемесячных климатических данных.

2. *Высота местности:*

Источник 1: Данные станций.

Источник 2: Цифровая карта рельефа (DEM) с разрешением $\sim 1 \text{ км}^2$.

3. *Давление:*

Источник 1: Данные станций.

Источник 2: Цифровая карта рельефа (DEM).

По данным среднемесячного давления на метеостанциях рассчитаны функции зависимости среднемесячного давления от высоты местности (табл. 1). Используя эти формулы и DEM, инструментами ArcGIS рассчитаны среднемесячные поля давления по всей территории.

Таблица 1

Функция изменения давления с высотой местности

Месяц	Зависимость давления от высоты местности, $P(H)$	Достоверность аппроксимации, R^2
I	$-0,11H + 1016,5$	0,9668
II	$-0,1122H + 1017,3$	0,9754
III	$-0,1125H + 1015,7$	0,9818
IV	$-0,1138H + 1013,7$	0,9880
V	$-0,114H + 1012,3$	0,9866
VI	$-0,1123H + 1009,2$	0,9880
VII	$-0,1125H + 1008,6$	0,9880
VIII	$-0,1111H + 1010$	0,9906
IX	$-0,1096H + 1012,3$	0,9904
X	$-0,1087H + 1013,8$	0,9809
XI	$-0,11H + 1015,2$	0,9745
XII	$-0,109H + 1015,3$	0,9655

4. Относительная влажность:

Источник 1: Данные станций.

Путём интерполяции в ArcGIS данных станций получены ежемесячные поля относительной влажности для территории России.

5. Ветер:

Источник 1: Данные станций.

Источник 2: Поля средней скорости ветра за каждый месяц.

1.2. Расчёт BISCR

На основании сопоставления реальных данных и физиолого-гигиенических сведений о влиянии климата регионов мира на человека был предложен метод расчёта индекса комфортности BISCR [4, 5], позволяющий оценить дискомфорт в различных временных интервалах и географических условиях (пустыня, высокогорье, зоны с холодным климатом).

Этот индекс является интегральным показателем степени биоклиматического дискомфорта при многообразных видах жизнедеятельности. В основу создания индекса легли эмпирические понятия «комфортности» и «экстремальности» влияния отдельных факторов на организм человека, а также условие, что индекс равен десяти при идеальных условиях и нулю – при пределе экстремальных условий. Условиями метеорологических параметров «комфорт/дискомфорт» приняты следующие:

- комфортная температура $T = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$,
экстремальные температуры – $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- комфортное атмосферное давление $P = 1013\text{ hPa}$,
экстремально низкое давление 266 hPa (высота Эвереста);
- комфортная скорость ветра $V = 0 - 0,5\text{ м/с}$,
экстремальная – 50 м/с ;
- комфортная относительная влажность $F = 50\text{ }\%$,
экстремальные значения – $0\text{ }\%$ и $100\text{ }\%$;
- высота местности, до которой тепловое воздействие солнечной радиации не сказывается, $H = 2000\text{ м}$ над уровнем моря (м.н.у.м.); на больших высотах действует радиационная поправка.

Для расчёта BISCR используется формула Белкина [4, 6]:

$$BISCR = \frac{Tk \cdot (P - 266) \cdot (1 - 0,02 \cdot V)}{Fk \cdot Sk \cdot 75}, \quad (1)$$

где Tk – коэффициент температуры:

$$\begin{aligned} Tk &= 1 - 0,0089 \cdot (22 - T), \text{ при } T < 22 \text{ }^{\circ}\text{C}, \\ Tk &= 1 - 0,0263 \cdot (T - 22), \text{ при } T > 22 \text{ }^{\circ}\text{C}; \end{aligned} \quad (2)$$

Fk – коэффициент относительной влажности:

$$\begin{aligned} Fk &= 1 + \frac{0,6 \cdot (F - 50)}{100}, \text{ при } F > 50 \%, \\ Fk &= 1 + \frac{0,6 \cdot (50 - F)}{100}, \text{ при } F < 50 \%; \end{aligned} \quad (3)$$

Sk – коэффициент солнечной радиации:

$$\begin{aligned} Sk &= 1, \text{ при } H < 2000 \text{ м.н.у.м.}, \\ Sk &= 1 + \frac{0,045 \cdot (H - 2000)}{1000}, \text{ при } H > 2000 \text{ м.н.у.м.} \end{aligned} \quad (4)$$

Известно, что человек, находящийся в покое, испытывает различные тепловые ощущения в зависимости от метеорологического и радиационного режима окружающей среды. Находясь в горах, даже при отрицательной температуре люди ощущают тепло при ярком солнце, а при более высокой температуре, но в тени, ощущают холод, так как в разреженной атмосфере при низкой влажности значительное влияние оказывает эффективное излучение. В пустыне при солнечном освещении ощущается дискомфорт из-за перегрева, а в отсутствии солнца возникают более комфортные условия. Неоднозначное влияние оказывает солнечная радиация на тепловое ощущение при различных температурах воздуха. Например, при низких температурах солнечная радиация улучшает комфортность, а при высоких температурах и той же солнечной радиации комфортность ухудшается. Такие изменения в тепловых ощущениях возникают потому, что радиационный баланс может быть как положительным, так и отрицательным, что вызывает или не вызывает дополнительный нагрев. Поэтому,

вместо представленной выше радиационной поправки, была предложена формула радиационной поправки к температуре, применяемой для расчёта температурного коэффициента [21]. В этой формуле использовались данные по коротковолновому радиационному балансу Bk . Более доступными являются данные о суммарной радиации (Q) и альбедо (A). Коротковолновый радиационный баланс рассчитывается по формуле:

$$Bk = Q(1 - A). \quad (5)$$

Альбедо одетого по погоде человека составляет 30 % [22]. Принимая это во внимание, формула расчёта радиационной поправки (ΔTr) к температуре воздуха выглядит так:

$$\Delta Tr = 2,345 \cdot 10^{-2} \cdot Q - 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot T, \quad (6)$$

где Q – суммарная радиация (kW/m^2), а T – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$).

В результате температура для расчёта температурного коэффициента будет: $Tr = T + \Delta Tr$.

В этом случае радиационная поправка Sk в формуле расчёта BISCR исчезнет, и учёт воздействия солнечной радиации будет выполняться на всех высотах, а не с 2000 м.н.у.м., что важно для оценки влияния солнечного тепла в низкоромье, например, в пустынях. Тогда формула расчёта BISCR примет следующий вид:

$$BISCR = \frac{Tk(P - 266)(1 - 0,02V)}{75Fk}, \quad (7)$$

где

$$Tk = 1 - 0,0089(22 - Tr), \text{ при } Tr < 22 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$Tk = 1 - 0,0263(Tr - 22), \text{ при } Tr > 22 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (8)$$

Сравнение двух методов расчёта BISCR по формулам (1) и (7) с использованием среднемесячных климатических данных станций показало, что разница полученных результатов составляет в среднем 1,05 %. Такой величиной погрешности при расчёте среднемесячных значений BISCR можно пренебречь. В связи с тем, что имеются стандартные метеорологические данные с 518 станций, а актинометрические данные только с 201 станции, использование радиационной поправки на температуру для расчёта BISCR по

формуле (7) в месячном и сезонном хронологическом интервале нецелесообразно. Вычисление BISCR с использованием радиационной поправки на температуру более эффективно при расчётах за короткие временные интервалы в пределах суток.

Нормирование различных климатогеографических условий по BISCR позволило определить градации степени биоклиматического дискомфорта [4], применимые к различным регионам (табл. 2).

Таблица 2

Степень биоклиматического комфорта

Степень комфортности	BISCR
Комфорт	10 – 8
Относительный комфорт	7,9 – 7
Относительный дискомфорт	6,9 – 6
Компенсированный дискомфорт	5,9 – 4
Некомпенсированный дискомфорт	3,9 и ниже

Использование значений BISCR при оценке изменения трудового процесса в различных градациях не всегда удобно. В некоторых случаях важно знать относительное ухудшение комфортности, производительности труда и т. д. Таким показателем может быть коэффициент приведения (K_p), который показывает во сколько раз фактическое значение BISCR меньше комфортного значения. Поскольку BISCR комфортный = 10, то формула примет вид:

$$K_p = \frac{10}{BISCR_{фактический}}. \quad (9)$$

2. Результаты

2.1. Распределение BISCR по территории России

Результаты, полученные при расчётах по данным архивов ВНИИГМИ-МЦД, отражают фактические среднемесячные климатические показатели BISCR на метеорологических станциях России. Показать таблицу с результатами расчёта BISCR для всех станций в данной статье не представляется возможным. В таблице приведены данные BISCR для нескольких станций (табл. 3).

Таблица 3

**BISCR по средней температуре воздуха
на некоторых метеорологических станциях**

ID	Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
20069	О. Визе	4,1	4,2	4,3	4,6	5,2	5,6	5,6	5,6	5,4	4,9	4,5	4,3
20107	Баренцбург	5,3	5,3	5,4	5,7	6,2	6,5	6,7	6,6	6,3	6,0	5,7	5,4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
37470	Дербент	6,6	6,6	6,8	7,3	7,9	8,4	7,9	7,9	8,1	7,5	7,1	6,8
37472	Махачкала	6,3	6,2	6,5	7,0	7,6	8,3	7,8	7,9	8,0	7,3	6,8	6,4

Данные по станциям не отражают непрерывную информацию по всей территории из-за их расположения, редкой и не равномерной сети в отдалённых полярных и горных районах. По этой причине были выполнены расчёты BISCR по данным климатических полей из [20] и полей рассчитанных по данным станций, которые охватывают всю территорию с учётом рельефа местности. Используя инструменты ArcGIS, построены климатические ежемесячные и сезонные карты биоклиматического индекса. Результаты представлены в виде сезонных карт распределения BISCR по территории России в равновеликой конической проекции Альберса с параметрами: центральный меридиан 105 °E; параллели 52 и 64 °N (рис. 1 – 4).

Анализ сезонных карт показывает следующее.

В зимние месяцы (рис. 1а) некомпенсируемый дискомфорт наблюдается в обширных районах Якутии, в горах Магаданской области, Саянах, на Алтае и высокогорных районах Кавказа ($\text{BISCR} < 4$). Большая часть остальной территории входит в зону компенсируемого дискомфорта ($4 < \text{BISCR} < 6$). Только южная часть Европейской территории России (ЕТР), отдельные районы на западе, Калининградская область и Крым находятся в зоне относительного дискомфорта ($6 < \text{BISCR} < 7$).

Весенние месяцы (рис. 1б) характеризуются появлением относительного комфорта на юге и некоторых районах в западной части ЕТР, Крыму, Калининградской области, юго-западе Сибири, юге Дальнего Востока ($7 < \text{BISCR} < 8$). Приполярные и полярные районы, Якутия, Чукотка, Камчатка находятся в зоне

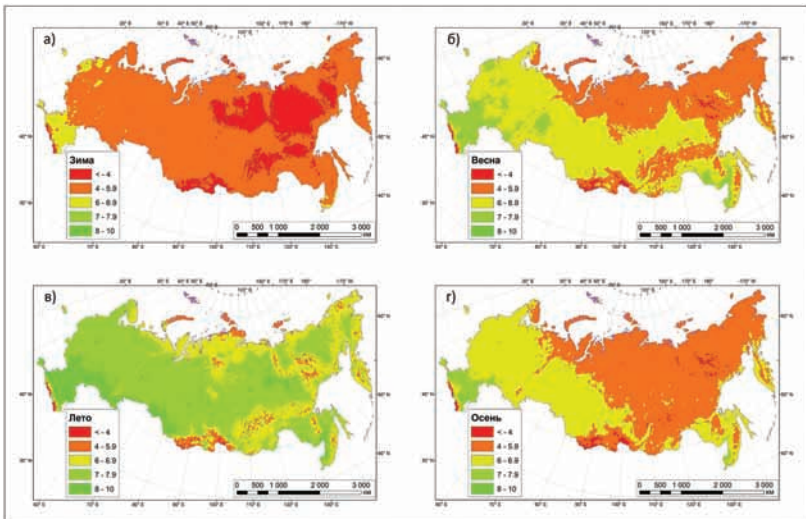


Рис. 1. Распределение BISCR по сезонам

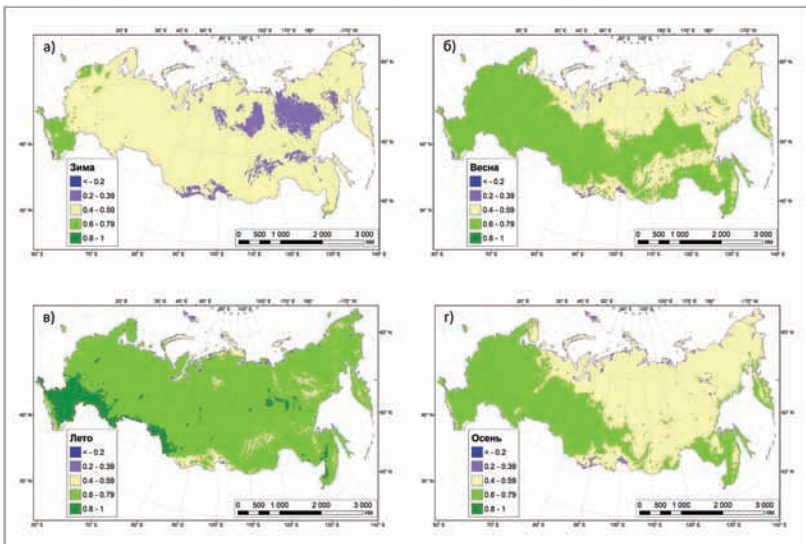


Рис. 2. Сезонное распределение производительности труда в долях от единицы при среднемесячной температуре воздуха

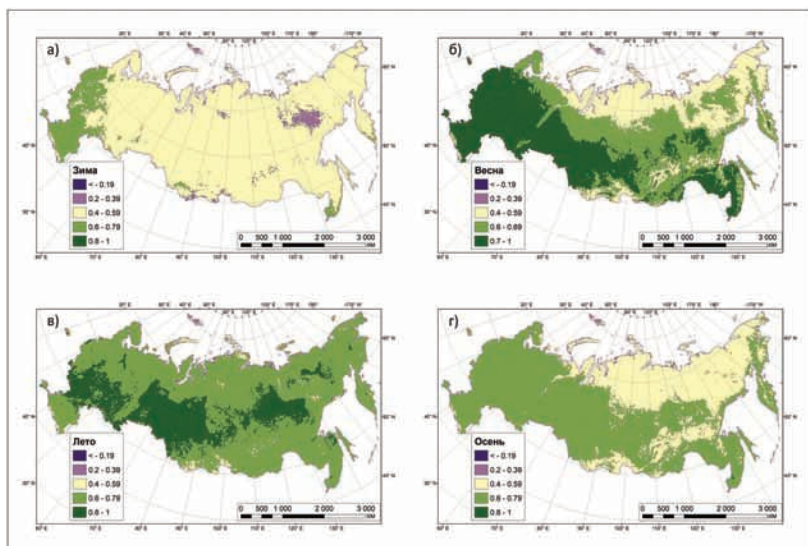


Рис. 3. Сезонное распределение производительности труда в долях от единицы при средней максимальной температуре воздуха

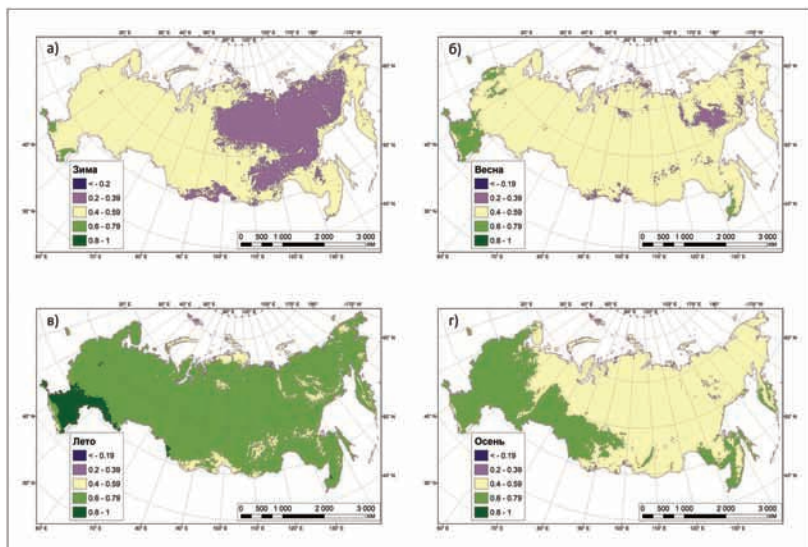


Рис. 4. Сезонное распределение производительности труда в долях от единицы при средней минимальной температуре воздуха

компенсируемого дискомфорта ($4 < \text{BISCR} < 6$). Однако в высокогорьях Кавказа, Алтая и Якутии сохраняется некомпенсируемый дискомфорт ($\text{BISCR} < 4$). На остальной территории фиксируется относительный дискомфорт ($6 < \text{BISCR} < 7$).

Летом (рис. 1в) почти на всей территории присутствует относительный комфорт ($7 < \text{BISCR} < 8$), а на юге ЕТР, в Крыму и южной части Западной Сибири фиксируются комфортные условия климата ($8 < \text{BISCR}$). Только в полярных районах, горах Кавказа и Сибири отмечается относительный ($6 < \text{BISCR} < 7$) и компенсируемый дискомфорт ($4 < \text{BISCR} < 6$).

В осенние месяцы комфортность климата уменьшается (рис. 1з). В высокогорье Алтая и Восточной Сибири появляется некомпенсируемый дискомфорт ($\text{BISCR} < 4$), а в полярных районах Восточной и Центральной Сибири – компенсируемый дискомфорт ($4 < \text{BISCR} < 6$). В Западной Сибири и на большей части ЕТР формируются относительно дискомфортные условия климата ($6 < \text{BISCR} < 7$). Только на юге ЕТР и в Крыму наблюдаются относительно комфортные условия ($7 < \text{BISCR} < 8$). На территории Кавказа в этот период можно найти все градации комфортности, которые зависят от высоты местности.

Выполнена оценка интервала изменений суровости климата по всей территории в течение года. Для этого в расчётах BISCR использовались среднемесячные экстремальные температуры воздуха (максимальная и минимальная). Интервал изменений BISCR между максимальными и минимальными значениями составляет от 5,0 в феврале до 7,5 единиц в сентябре (табл. 4). Наибольшие сезонные колебания BISCR могут быть летом (7,2), а зимой они могут уменьшаться до 5,3 (табл. 5).

Таблица 4

Средние BISCR по всей территории

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
БИСКР min	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,1	2,4	2,4	2,4	2,3	2,1	2,4
БИСКР max	7,1	6,9	7,8	8,4	8,6	9,3	9,5	9,6	9,8	8,3	7,6	8,1
БИСКР mean	4,4	4,6	5,1	5,8	6,6	7,1	7,2	6,9	6,4	5,6	4,9	5,1
Std dev.	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8

Таблица 5

Средние сезонные BISCR по всей территории

Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
BISCR min	2,0	1,9	2,3	2,2	2,1
BISCR max	7,4	8,3	9,5	8,6	8,4
BISCR mean	4,7	5,8	7,0	5,6	5,8

2.2. Изменение производительности труда под влиянием климатических условий

С ухудшением комфортных условий увеличиваются энергетические затраты человека, необходимые для выполнения одной и той же работы, так как часть энергии организма тратится на преодоление дискомфорта. Поэтому можно говорить о снижении физиологической производительности труда за счёт изменения комфортного состояния среды при равных прочих условиях. О величине энергетических затрат человека при различной рабочей нагрузке можно судить по результатам экспериментов, представленных в [23]. Оказалось, что соотношение различных видов рабочих нагрузок в каждой градации занимает 20 % (табл. 6). Другие исследования показали аналогичное распределение [23], хотя было выделено пять степеней тяжести работы (табл. 7).

Таблица 6

Затраты энергии при различных видах нагрузки по М. И. Виноградову

Рабочая нагрузка	ккал/мин		ккал/ч		ккал/8 ч		% к max	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Очень тяжёлая	10	12,5	600	750	4800	6000	80%	100%
Тяжёлая	7,5	10	450	600	3600	4800	60%	80%
Средняя	5	7,5	300	450	2400	3600	40%	60%
Лёгкая	2,5	5	150	300	1200	2400	20%	40%

Используя коэффициент приведения, можно оценить физиологическую производительность труда (L_p – «labor productivity») в любой месяц года. В данном случае под физиологической производительностью труда следует понимать физиологическую возможность человека выполнять какую-либо работу при реальном

BISCR по отношению к работе, выполняемой в комфортных условиях.

Таблица 7

Соотношение степеней тяжести труда по М.В. Лейнику

Степень тяжести работы	% к верхнему пределу напряжения	
	min	max
Очень тяжёлая	81%	100%
Тяжёлая	61%	80%
Средняя	41%	60%
Лёгкая	21%	40%
Очень лёгкая	0%	20%

Основываясь на полученных результатах, было проведено сравнение градаций изменения производительности труда (L_p) и BISCR при выполнении работ на открытом воздухе [7]. Оценить соответствие степени комфортности и производительности труда можно по градациям, представленным в таблице ниже (табл. 8).

Таблица 8

Градации BISCR и производительность труда

Степень биоклиматического дискомфорта	BISCR	Производительность труда	L_p , %
Комфорт	10 – 8	Высокая	100 – 80
Относительный комфорт	7,9 – 7	Средняя	79 – 60
Относительный дискомфорт	6,9 – 6	Пониженная	59 – 40
Компенсированный дискомфорт	5,9 – 4	Низкая	39 – 20
Некомпенсированный дискомфорт	< 4	Минимальная	< 20

Исходя из представленной выше информации, методом наименьших квадратов нами была получена связь (10) между производительностью труда (L_p) BISCR, где

$$L_p = 10,029 \cdot BISCR - 0,0218 \quad (R^2 = 0,9998),$$

или с использованием коэффициента приведения (K_p) [7]:

$$L_p = 1/K_p, \text{ или более точно } L_p = 0,9957 \cdot K_p^{-0,992}. \quad (10)$$

Используя (10), была рассчитана производительность труда по данным метеорологических станций для среднемесячной температуры воздуха. В таблице ниже показаны некоторые результаты этих расчётов (табл. 9).

Таблица 9

Производительность труда при средней месячной температуре воздуха для некоторых станций, в %

ID	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
20069	О. Визе	42	42	43	46	52	56	56	56	54	49	45	43
20107	Баренцбург	53	53	54	57	62	65	67	66	63	60	57	54
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
37470	Дербент	66	66	68	73	79	84	79	79	80	75	71	68
37472	Махачкала	63	62	65	70	76	82	78	78	79	73	68	64

Оценки распределения производительности труда по всей территории выполнены с использованием вычисленных полей BISCR и соотношения (10). В результате были построены карты средних месячных и сезонных распределений производительности труда на открытом воздухе для территории России. Наибольшее влияние на изменение BISCR и, соответственно, на L_p оказывает изменение температуры воздуха. Давление, скорость ветра и относительная влажность в среднем за месяц меняются мало. В связи с этим были рассчитаны карты L_p для среднемесячной максимальной и среднемесячной минимальной температуры воздуха при прочих равных условиях. Эти характеристики показывают средние суточные изменения L_p в течение сезона (месяца). Данная характеристика применима для работы вне помещения при воздействии природных факторов на организм человека, одетого по погоде. Параметры используемой системы координат аналогичны картам BISCR, представленным выше.

2.2.1. L_p при среднемесячной температуре воздуха

В зимний период (рис. 2а) почти на всей исследуемой территории отмечается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$). В центральных районах Якутии, Красноярского края и горных районах (Кавказ, Алтай, Саяны) фиксируется низкая L_p ($20 \% < L_p < 40 \%$).

Только на юге, западе ЕТР и в Калининградской области выделяются территории со средней L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$).

В весенние месяцы (рис. 2б) территория со средней L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$) охватывает почти всю ЕТР, кроме полярных регионов, а также Центральную и Южную Сибирь, кроме горных районов. На остальной территории наблюдается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$). В высокогорьях Кавказа и Алтая, а также на некоторых полярных островах сохраняется низкая L_p ($L_p < 40 \%$).

Летом (рис. 2в) почти на всей территории прослеживается средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$), а на юге ЕТР, в Крыму и на юге Восточной Сибири – высокая L_p ($80 \% < L_p < 100 \%$). Только в горных районах Кавказа и Сибири, полярных островах и некоторой части побережья отмечается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$).

Осенью L_p снижается (рис. 2г). Почти на всей территории ЕТР, кроме Заполярья и гор Кавказа, в центральной и южной части Восточной Сибири, юга Дальнего Востока и побережья Камчатки сохраняется средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). На остальной территории Сибири, в горных и полярных районах наблюдается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$), а в высокогорьях Алтая, Кавказа и Якутии – низкая L_p ($20 \% < L_p < 40 \%$).

2.2.2. L_p при среднемесячной максимальной температуре воздуха

Среднемесячная максимальная температура создаёт наиболее благоприятные условия на территории России, что хорошо видно на картах распределения производительности труда (рис. 3).

Зимой (рис. 3а) в западной и южной части ЕТР и в Крыму преобладает средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). На остальной территории, за некоторым исключением, расположена зона пониженной L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$). Только в высокогорьях Кавказа, Алтая и Сибири отмечается низкая L_p ($20 \% < L_p < 40 \%$).

Весна (рис. 3б) является наиболее благоприятным сезоном года для всей территории ЕТР, Крыма, Калининградской области, южной части Восточной Сибири, Дальнего Востока и некоторых районов Якутии. В этих районах отмечается наиболее высокая

L_p ($80 \% < L_p < 100 \%$). Остальные территории, кроме горных и северных областей, имеют среднюю L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). В горах Кавказа, Сибири и северных районах фиксируется пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$).

Летом (рис. 3в) почти вся территория России имеет среднюю L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). Только в высокогорье и на полярных островах сохраняется пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$). Высокая L_p ($80 \% < L_p < 100 \%$) отмечается в Центральной Якутии, южной части Восточной Сибири и южной части ЕТР. Следует отметить, что на самом юге ЕТР (Ставрополье, предгорья Кавказа, Краснодарский край и Крым) L_p немного снизилась до среднего уровня ($60 \% < L_p < 80 \%$), что связано с высокими летними температурами.

Осенью (рис. 3г) при понижении температуры уменьшается и L_p . Однако на большей части территории сохраняется средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). Эта область охватывает почти всю ЕТР, кроме Крайнего Севера и высокогорий Кавказа, Восточной Сибири, южную часть Центральной Сибири, Дальнего Востока, Сахалина и почти всей Камчатки. Остальная территория Сибири, полярные и горные регионы имеют пониженную L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$).

2.2.3. L_p при среднемесячной минимальной температуре воздуха

Наибольший отрицательный эффект на производительность труда оказывают низкие температуры воздуха.

Зимой (рис. 4а) на большей части территории наблюдается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$). В восточной Сибири, полярных и горных районах L_p низкая ($20 \% < L_p < 40 \%$) и только в Краснодарском крае, Крыму и на Каспийском побережье Кавказа L_p средняя ($60 \% < L_p < 80 \%$).

Весной (рис. 4б) территория с низкой L_p ($20 \% < L_p < 40 \%$) уменьшается и занимает только горные районы Сибири, Кавказа и полярные острова. На территории ЕТР от Каспия до Чёрного моря, кроме Кавказских гор, преобладает средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$). Такой же уровень L_p отмечается в Крыму, Калининграде и на

востоке ЕТР. На остальной территории наблюдается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$).

Летом (рис. 4в) почти на всей территории России прослеживается средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$), в горных и полярных районах – пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$) и только на территории от Каспийского побережья до Чёрного моря, в Крыму и Калининградской области – высокая L_p ($80 \% < L_p < 100 \%$).

Осенью (рис. 4г) средняя L_p ($60 \% < L_p < 80 \%$) сохраняется на большей части ЕТР, юге Восточной Сибири, юге Дальнего Востока, Сахалине и прибрежных районах Камчатки. На остальной территории наблюдается пониженная L_p ($40 \% < L_p < 60 \%$) и только в высоких горах различных регионов фиксируется низкая L_p ($20 \% < L_p < 40 \%$).

3.2.4. Средние индексы L_p по всей территории

Анализ диапазона изменений производительности труда (L_p) в среднем по всей территории показал, что наименьшие изменения могут быть в феврале (50 %), а максимальные колебания могут достигать 74 % в сентябре (табл. 10).

Таблица 10

Производительность труда (L_p , %) в среднем по месяцам

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
L_p min	19	19	19	20	19	21	24	24	24	23	21	24
L_p max	71	69	78	84	86	93	95	96	98	83	76	81
L_p mean	44	46	51	58	65	71	72	69	64	56	49	51
Std dev.	6	6	7	8	9	8	7	7	6	6	7	8

По сезонам производительность труда может меняться на 53 % зимой, а летом изменения могут достигать 72 % (табл. 11).

Таблица 11

Производительность труда (L_p , %) в среднем по сезонам и за год

Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
L_p min	21	19	23	22	21
L_p max	74	83	94	85	84
L_p mean	47	58	70	56	58

На картах ниже (рис. 5) представлен диапазон изменения L_p при экстремальных среднемесячных температурах по сезонам.

В зимний сезон (рис. 5а) наименьшие изменения L_p менее 4 % наблюдаются на побережьях Северного Ледовитого океана и Каспийского моря. Интервал изменений L_p от 4 до 8 % охватывает приморские территории в полярных районах Сахалина и Камчатки, Карелию, некоторые районы на западе ЕТР, высокогорья Алтая и Саян. На остальной территории интервал изменений L_p составляет от 6 до 8 %. В Центральной и Юго-Восточной Сибири диапазон колебаний возрастает от 8 до 10 % и выше.

Весной (рис. 5б) активизируются атмосферные процессы. Это приводит к увеличению диапазона колебаний L_p в пределах 15 % и более на основной части территории России. Только на побережье Северного Ледовитого океана и высокогорьях эти изменения меньше.

В летний сезон (рис. 5в) колебания L_p снижаются до 5 – 10 %. На ЕТР, Таймыре, в южной части Сибири и Дальнего Востока

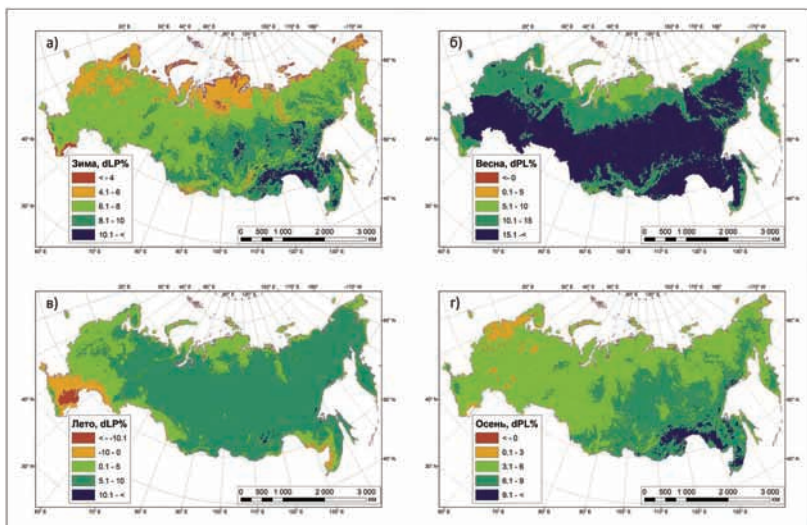


Рис. 5. Диапазон изменения производительности труда в % по сезонам при среднемесячных экстремальных температурах воздуха

L_p меняется от 0 до 5 %. В это же время на территории между Каспийским и Чёрным морями и в Крыму при высокой температуре воздуха L_p может ухудшаться на 10 % и более.

Осенью изменения L_p незначительны (рис. 5г) и могут меняться в пределах 3–9 % почти на всей территории России. На северо-западе ЕТР эти изменения могут быть до 3 %. На юге Восточной Сибири диапазон колебаний более 9 %.

Заключение

Важным свойством Биоклиматического индекса суровости климатического режима (BISCR) является его универсальность. Его можно использовать в любых климатических условиях, ландшафтах, рельефах местности, помещениях и хронологических интервалах. Данные архивов ВНИИГМИ-МЦД и поля климатических характеристик, представленные на сайте worldclim.org/version2, позволили построить ежемесячные, сезонные карты BISCR и потенциальной производительности труда (L_p) для территории России. Выделены регионы с благоприятными и неблагоприятными условиями для деятельности человека. На основании этих материалов возможна разработка обоснованных документов по выделению районов с неблагоприятными климатическими условиями для проживания населения и принятия соответствующих мер по улучшению и компенсации этих факторов. Карты изменения производительности труда, в зависимости от климатических условий и диапазона сезонных колебаний, могут быть полезны для оптимизации проведения работ в различных регионах страны.

Оценка BISCR и производительности труда для отдельных территорий и более коротких временных интервалов (сутки, рабочее время и т. д.) должна выполняться по необходимости, на основе данных климатических массивов, подготовленных во ВНИИГМИ-МЦД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паникар М. М., Шапаров А. Е. Императивы современной государственной политики стран Арктического региона по освоению территорий Крайнего Севера // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Гуманитарные и социальные науки». 2016. № 6. С. 33 – 44. DOI: 10.17238/issn2227-6564.2016.6.33.
2. Максимов А. Л., Белкин В. Ш. Биомедицинские и климато-экологические аспекты районирования территорий с экстремальными условиями среды проживания // Вестник ДВО РАН. 2005. № 3. С. 28 – 39.
3. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. Н. В. Кобышевой. СПб.: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2008. 336 с.
4. Белкин В. Ш., Полтораки Г. И. Некоторые медико-биологические аспекты изучения горных районов Таджикистана // Симпозиум, съезд географического общества в Душанбе. Душанбе: Дониш, 1983. С. 19 – 21.
5. Белкин В., Соколов Л., Финаев А. Оценка биоклимата региона горных территорий. Доклады Всесоюзной конференции по биоклиматологии человека (28 – 29 апреля 1989 г.) // Труды ГГО. 1989. С. 15 – 16.
6. Belkin V. Sh., Dyurgerov M. B., Finaev A. F., Soroko S. I. Bioclimatic Evaluation of the Human Discomfort Level for Several Antarctic Regions // Human Physiology. Pleiades Publishing Inc. 2016. Vol. 42, N 2. P. 119 – 127.
7. Финаев А. Ф. Оценка влияния климатических условий на трудовую деятельность человека // Археология и палеоэкология Евразии. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004. С. 359 – 372.
8. Финаев А. Ф. Оценка использования Биоклиматического индекса суровости климатического режима на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 184. С. 170 – 179.
9. Yildirim Kemal, Cuneys Koyuncu, Julide Koyuncu. Does temperature affect labor productivity: cross-country evidence // Applied Econometrics and International Development. 2009. Vol. 9-1. P. 29 – 38.
10. Kjellstrom T., Kovats R. S., Lloyd S. J., Holt T., Tol R. S. J. The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity // Archives of Environmental & Occupational Health. 2009. Vol. 64, N 4. P. 217 – 227.
11. Kjellstrom T. Productivity Losses Ignored in Economic Analysis of Climate Change // United Nations University. Office of Communications. Tokyo, 2014.
12. Jisung Park. The Labor Productivity Impacts of Climate Change: Implications for Global Poverty // World Bank Climate Change and Poverty. Harvard University. Conference, 2015. P. 93.
13. Jisung Park. Will We Adapt? Temperature Shocks, Labor Productivity, and Adaptation to Climate Change in the United States (1986 – 2012) // Department of Economics. Harvard University, 2016. P. 46.

14. *Balanagarajan K.V. Gajapathy.* Climate Changes and its Impact on Employee Productivity // International J. of Applied Engineering Research. 2018. Vol. 13, N 1. P. 27 – 29.
15. *Day E., Fankhauser S., Kingsmill N., Costa H., Mavrogianni A.* Upholding labour productivity under climate change: an assessment of adaptation options // Climate policy. 2019. Vol. 19, N 3. P. 367 – 385.
16. *Gosling S. N., Zaherpour J., Ibarreta D.* PESETA III: Climate change impacts on labour productivity // Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2018. P. 40.
17. *Kjellstrom T., Maître N., Saget C., Otto M., Karimova T.* Working on a warmer planet: The effect of heat stress on productivity and decent work // Report International Labour Organization (ILO). 2019. P. 98.
18. *Belkin V. Sh.* Biomedical aspects of the development of mountain regions: case study for the Gorno-Badakhshan autonomic region. Tajikistan // J. Mount. Res. and Dev. 1992. Vol. 12. P. 63.
19. *Расширенная и пополненная версия* специализированных массивов данных, опубликованных на веб-сайте ВНИИГМИ-МЦД <<http://aisori.meteo.ru/ClspR>> или Научно-прикладной справочник «Климат России» 2018. ВНИИГМИ-МЦД. <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii>.
20. *Global Climat-WorldClim* Version2. <worldclim.org/version2>.
21. *Финаев А. Ф.* Влияние солнечной радиации на Биоклиматический индекс суровости метеорологического режима (БИСМ) // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение наук о Земле. 1994. № 2. С. 69 – 74.
22. *Русин Н. П.* Прикладная актинометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 232 с.
23. *Виноградов М. И.* Физиология трудовых процессов. М.: Медицина, 1966. 367 с.

УДК 551.509.33

КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ, ИХ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПРОГНОЗА С ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ БОЛЕЕ ОДНОГО ГОДА

Б. Г. Шерстюков

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»*

Введение

Успешность создания статистических прогностических методов зависит от уровня понимания причин и закономерностей изменения прогнозируемого параметра. Краткосрочные процессы (до 1 – 2 недель) в климатической системе развиваются под действием начальных условий, то есть исходного распределения энергии в атмосфере. Обусловленность колебаний на сезон и на год по аналогии часто тоже описывают начальными условиями во всей климатической системе, полагая, что начальное состояние климатической системы полностью определяет её эволюцию, а колебания определяются исходным распределением энергии во всех составляющих климатической системы. При такой трактовке допускается, что причина колебаний кроется в самой климатической системе как результат сложных нелинейных взаимодействий между элементами климатической системы. В основу такого подхода положено представление о преемственности процессов во времени. Долгое время сезонные прогнозы основывались на анализе преемственности типов атмосферной циркуляции от сезона к сезону.

Ещё в 1936 году руководитель Бюро прогнозов СССР Абрам Исаакович Аскназий писал: «Можно ли считать, что приблизительно одинаковые условия гидро-, лито- и атмосферы в одном сезоне приведут приблизительно к одинаковым условиям следующего сезона, или же, наоборот, ..., близкие исходные состояния могут ... привести к совершенно разным синоптическим ситуациям?

Если верно первое предположение, то рано или поздно проблема долгосрочного прогноза будет решена. Если верно второе, то нужно сказать открыто, что проблема долгосрочной синоптики является . . . неразрешимой» [1].

Прошло около 80 лет, проблема сезонных прогнозов не решена, но до сих пор все надежды возлагаются на преемственность атмосферных процессов при переходе от сезона к сезону. Несостоятельность такого подхода вытекает из анализа автокорреляционной функции месячных аномалий температуры воздуха, полученных после вычитания многолетнего годового хода. При сдвиге на один месяц автокорреляционная функция аномалий температуры по станции Москва имеет значение около 0,2, а при сдвиге на 5 месяцев уменьшается до нуля. Аналогичные результаты можно получить по любой метеорологической станции. Причиной слабой преемственности атмосферных процессов между месяцами и сезонами является сезонная смена воздушных масс и присущих им частот колебаний на станциях.

На полушарии Земли можно выделить три основных класса воздушных масс: тропический воздух, воздух умеренных широт и полярный воздух [2]. Иногда выделяют четыре класса, но в данном случае это не принципиально. Погодные условия в регионе определяются пришедшей воздушной массой. А циклические изменения метеорологических величин в каждой воздушной массе определяются собственными частотами колебаний, характерными для района формирования каждой воздушной массы. Для каждой воздушной массы они различны. Воздушные массы не стоят на месте, они перемещаются, переходя из одних районов в другие при каждой смене сезонов и по другим причинам. Смена сезона или даже смена месяца сопровождается на станции заменой воздушной массы и замещением одних циклов другими циклами, поэтому на станции слаба преемственность процессов между сезонами. Надеяться на преемственность аномалий при смене сезонов нет оснований.

Совсем другие прогностические возможности обнаруживаются при анализе автокорреляционной функции в пределах одной воздушной массы. Если составлять ряды многолетних

значений температуры отдельно по каждому месяцу и вычислять автокорреляционную функцию отдельно по каждому месяцу, то обнаруживается, что на интервале сдвигов до 30 лет её значения несколько раз циклически возрастают до 0,3. Многократное появление повышенных значений автокорреляции через несколько лет является следствием существования неслучайных многолетних колебаний температуры внутри одной воздушной массы. Следовательно, прогностические циклы необходимо искать по многолетним данным в межгодовых колебаниях температуры отдельно по каждому сезону или месяцу и не надеяться на преемственность межсезонных связей.

Физические предпосылки статистических прогнозов

Для построения прогностической модели необходима физическая гипотеза формирования свободных колебаний в климатической системе, гипотеза о свойствах этих колебаний. Колебания в климатической системе являются основным её свойством. Для их поддержания необходим приток энергии. Иногда полагают, что сезонные изменения инсоляции являются генератором всех колебаний в климатической системе. Но кроме упомянутого генератора возможны и другие причины колебаний в климатической системе. Следует напомнить, что колебания всех параметров космической среды, в которой находится Земля, являются основным свойством этой среды. Земля со своей климатической системой находится под переменным воздействием этой среды. Вопрос заключается только в силе и эффективности такого воздействия. В Солнечной системе вращение планет и переменная солнечная активность являются наиболее вероятными источниками всех внешних воздействий на Землю и климатическую систему на ней. Если допустить, что циклические космические воздействия на Землю могут генерировать заметные колебания в климатической системе, то под эту гипотезу необходим специальный метод статистического анализа и прогноза.

В простейшем случае предполагаемые внешние воздействия до сих пор рассматривались как возможная причина появления вынужденных возмущений в климатической системе. При таком

грубом подходе обязательным является условие сопоставимости по величине энергии воздействия и энергии вынужденных возмущений в климатической системе. Указанное условие снимается, если учесть, что климатическая система является колебательной системой.

К колебательным системам относят физические системы, в которых в результате нарушения состояния равновесия возникают собственные колебания, обусловленные свойствами самой системы. К свойствам такой системы относится наличие некоторого набора предпочтительных частот колебаний, называемых собственными частотами системы. Собственные частоты определяются физическими свойствами среды (региональные теплофизические и динамические свойства океана и атмосферы) и физико-географическими условиями места (географическая широта, распределение материков и океанов, рельеф и т. д.).

Любое воздействие на диссипативную колебательную систему приводит к появлению в системе затухающих колебаний на её собственных частотах. Амплитуда этих колебаний определяется силой внешнего воздействия, а частота определяется только свойствами самой системы. Если повторяющиеся внешние воздействия на систему по частоте близки к частоте собственных колебаний климатической системы или совпадают с ней, то во временных изменениях её характеристик возникают биения и резонансы. Так как собственных частот у климатической системы много, то биения возникают на разных частотах, при этом возможны резонансы не только на равных, но и на соизмеримых частотах. Амплитуды колебаний при резонансах или биениях многократно возрастают. Соизмеримыми называют такие частоты, которые соотносятся между собой как 1:2, 1:3, 2:3, 3:2 и т. д. Не существует нижнего предела величины воздействия, способного раскачать колебательную систему на резонансной собственной частоте. Даже слабые повторяющиеся внешние воздействия могут оказаться эффективными. С большой вероятностью можно предполагать, что повторяющиеся слабые переменные воздействия космических факторов на Землю возбуждают колебания климата атмосферы и океана на собственных частотах климатической системы через

механизм резонансов, включая резонансы на соизмеримых частотах. Не так просто по данным наблюдений выделить исходные колебания на собственных частотах, если их много и они скрываются за более мощными биениями и резонансами биений на соизмеримых частотах. Для анализа временных рядов, состоящих из биений колебаний, многие распространённые статистические методы не пригодны.

Первый вариант резонансной гипотезы был описан автором в [3], к настоящему времени представленная гипотеза уточнена и доработана.

Теоретической основой резонансной гипотезы является известное свойство колебательных систем. В применении к климатической колебательной системе оно означает, что малая величина повторяющихся воздействий космоса на климатическую систему не является препятствием для модуляции в ней резонансных колебаний и биений. Это свойство вытекает из теории динамических систем [4].

Наиболее эффективный отклик колебательной системы на периодические внешние воздействия должен наблюдаться на тех собственных частотах системы, которые совпадают с частотами периодических внешних воздействий или находятся с ними в соизмеримых резонансных соотношениях. Слабость внешних сил компенсируется многократным их резонансным воздействием. Резонансное согласование усиливает колебания каждого компонента климатической системы на избранных его собственных частотах. Колебания в системе на других возможных частотах ничем не поддерживаются и поэтому не наблюдаются. Температура поверхности океана подвержена влиянию как термодинамических процессов в атмосфере, так и процессов в нижележащих слоях океана. Инерционность динамических процессов в океане способствует появлению в нём долгопериодных колебаний.

Если теория динамических систем верна [4] и климатическая система обладает свойствами колебательной системы, и при этом существует периодическое, пусть даже очень слабое, космическое воздействие на неё, то бесспорным является утверждение о неизбежности существования в климатической системе колебаний,

генерированных космическими воздействиями. Таким образом, предложенная гипотеза уже не является гипотезой, а отражает свойство колебательной системы климата в строгом соответствии с теорией.

В сложной системе в моменты наступления резонанса могут усиливаться колебания за счёт высвобождения внутренней энергии системы. Именно такой сложной и нелинейной является климатическая система, резонансы с внешними воздействиями и с выделением внутренней энергии в ней возможны. Следует учитывать, что резонансы могут возникать не только при соотношении периодов воздействия и отклика 1:1, но и при соизмеримых периодах.

Исходные данные

Исследования выполнены на примере региона Северной Атлантики. Использовались данные временного ряда индекса Северо-Атлантического колебания NAO (North Atlantic Oscillation). Месячные значения стандартизованного индекса получены с официального сайта [5] за период с 1950 по 2014 год. В качестве базового периода норм и вычисления стандартного отклонения в нём использован период 1981 – 2010 гг. Для каждого года по месячным значениям вычислены средние значения NAO за три зимних месяца (DJF): декабрь предшествующего года и январь-февраль текущего года.

Месячные значения аномалий температуры поверхности океана (ТПО) в узлах $5 \times 5^\circ$ географической сетки получены с официального сайта [6].

Прогностическая модель выделения и экстраполяции колебаний метеорологических величин на примере ТПО

Изложенные выше представления о причинах колебаний в климатической системе способствуют формированию специального подхода к поиску прогностических закономерностей в ней. Искомые закономерности предполагаются в виде повторяющихся интервалов лет с подобными колебаниями температуры в моменты максимальной амплитуды биений. Период появления биений определяется соотношением:

$$T_6 = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1},$$

где T_1 и T_2 – период собственных колебаний системы и период воздействия на неё.

Для демонстрации существования повторяющихся интервалов лет с подобными колебаниями характеристик климатической системы на первом этапе рассмотрим многолетний ход зимнего индекса NAO с целью поиска закономерностей колебаний в нём.

Если климатическая система является открытой для внешних воздействий, то после каждого импульса внешнего воздействия в характеристиках атмосферы должны возникать колебания с некоторой небольшой амплитудой. Наиболее заметными эти колебания могут быть на резонансных частотах и в моменты наибольшей амплитуды при биениях. Такие моменты должны повторяться с периодом биений. На практике периоды биений заведомо не известны, так как не известны соизмеримые периоды, которые окажутся наиболее эффективными в данное время в данном месте. Если предложенная схема верна, тогда по данным наблюдений необходимо искать повторяющиеся интервалы лет с подобными колебаниями атмосферных характеристик (интервалы – аналоги).

На рис. 1а для примера показан многолетний ход зимнего индекса NAO после исключения из него полиномиального тренда (полином 4-й степени).

В соответствии с гипотезой проводился поиск пары отрезков временного ряда аномалий NAO, в которых прослеживалась бы аналогия в колебаниях. Перебрав на компьютере все отрезки и все варианты длительности отрезков от 16 до 32 лет и проанализировав коэффициенты взаимной корреляции аномалий NAO по отрезкам, было обнаружено, что серии непериодических колебаний за 1951 – 1982 гг. наилучшим образом коррелируют с колебаниями за 1983 – 2014 гг. (последовательность колебаний повторяется через 32 года). На рис. 1а кривая NAO показана разными цветами за первый и второй интервалы времени.

Для наглядного сопоставления двух временных отрезков NAO на рис. 1б на одной шкале длительностью 32 года совмещено два

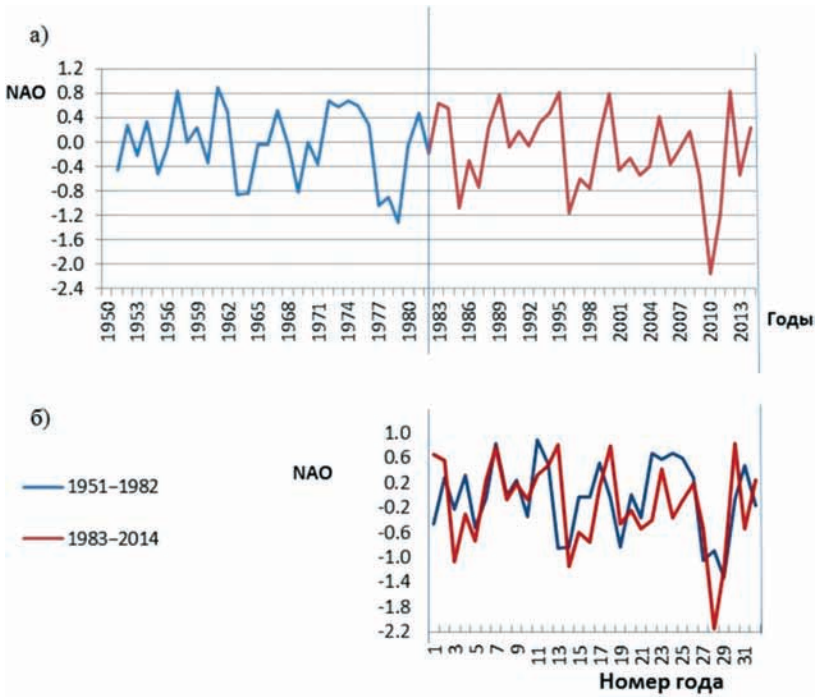


Рис. 1. Повторение серии колебаний NAO через 32 года:
 а) аномалии NAO (отклонения от тренда) за 1951–2014 гг.;
 б) аномалии NAO за 1951–1982 и 1983–2014 гг.,
 совмещённые на шкале длительностью 32 года

отрезка кривой аномалий NAO. Для одной кривой NAO номера на горизонтальной оси от 1 до 32 соответствуют годам от 1951 до 1982, а для другой кривой те же номера для NAO означают годы от 1983 до 2014. Коэффициент корреляции между колебаниями NAO за 1951–1982 и 1983–2014 гг. оказался $R = 0,46$. На этих отрезках времени вероятность случайности в подобии серий возмущений менее 5 %. Колебания на интервале 32 лет не являются периодическими, но их последовательность, наблюдавшаяся на 32-летнем интервале 1951–1982 гг., детально повторилась через 32 года на интервале 1983–2014 гг. Судя по графику, положительные аномалии появлялись через 6 лет, затем три раза повторялись через каждые 5 лет, далее один раз положительная аномалия

появилась через 3 года и затем два раза через 4 года. Два отрезка лет с подобной последовательностью непериодических возмущений вполне объяснимы, если учесть, что многочастотные внешние воздействия накладываются на ансамбль собственных частот климатической системы. Полученный результат согласуется с ожидаемой картиной ансамбля биений нескольких пар близких собственных частот в климатической системе. Интервал 32 года оказался наименьшим кратным интервалом биений на разных парах частот. Можно ожидать, что и в последующие 32 года, после 2014 года, частично сохранятся условия для появления аномалий ТПО через такие же интервалы лет, как и на 32-летнем интервале 1983 – 2014 гг., то есть через 6, 5, 5, 5, 3, 4 и 4 лет. Приведённый пример имеет прогностическое значение и демонстрирует одно из возможных новых направлений работ для увеличения предела предсказуемости долгосрочного прогнозирования.

С учётом изложенной гипотезы о резонансах и биениях была создана физико-статистическая прогностическая модель выделения и экстраполяции биений колебаний метеорологических величин. Исследования работы разных вариантов моделей были выполнены по данным о месячных значениях температуры поверхности Мирового океана (ТПО) в узлах географической сетки $5 \times 5^\circ$ широты и долготы за 1854 – 2016 гг.

В настоящей статье представлены основные результаты испытания модели на примере температуры Северной Атлантики (узлы географической сетки в интервале от 0° до 75° с.ш. и от 90° з.д. до 15° в.д.).

Прогностическая модель

Строились временные ряды T_j данных наблюдений ТПО по каждому отдельному месяцу, где j – номер года от начала наблюдений и до последнего года n перед прогнозом. Из значений ряда вычитался полиномиальный тренд, так был получен ряд аномалий t_j . Подбор степени полинома в интервале от 1 до 6 выполнялся экспериментально по минимуму среднеквадратического отклонения ТПО от полиномиальных значений. Далее проводился анализ колебаний аномалий ТПО. Трендовые (полиномиальные)

значения изменяются незначительно на интервале двух лет, поэтому прогностическими значениями трендовой составляющей на три года считались средние значения полинома за последние пять лет перед прогнозом.

Согласно гипотезе, в данных ряда t_j должны быть колебания, которые могут усиливаться или ослабляться с неизвестным периодом биений. Поличастотность климатической системы приводит к появлению ансамбля биений на нескольких парах частот с разными периодами биений. Их суперпозиция до предела усложняет временной ход аномалий, маскируя интервалы максимальных и минимальных биений. Однако соизмеримость собственных частот внешних воздействий способствует появлению интервалов с наименьшим общим кратным количеством лет по нескольким периодам биений. Задача сводится к эмпирическому определению длительности τ трёх последовательных временных отрезков в конце ряда t_j , на которых аномалии ТПО появляются в одинаковой последовательности лет, так, например, как это было обнаружено для NAO (рис. 1). Экспериментально установлено, что больше трёх раз не сохраняется одинаковая последовательность аномалий.

По каждому месяцу обработка данных проводилась независимо по рядам месячных значений за n лет.

Задаём пробный период τ и строим три отрезка (а, b и c) ряда t_j длительностью τ , каждый из которых состоит из значений:

$$\text{а) } t_{n-\tau+1}, t_{n-\tau+2}, t_{n-\tau+3}, \dots, t_n;$$

$$\text{б) } t_{n-2\tau+1}, t_{n-2\tau+2}, t_{n-2\tau+3}, \dots, t_{n-\tau};$$

$$\text{с) } t_{n-3\tau+1}, t_{n-3\tau+2}, t_{n-3\tau+3}, \dots, t_{n-2\tau}.$$

Перепишем компактно отрезки а, b и с:

$$t_i^a = t_{i+n-\tau}, \quad t_i^b = t_{i+n-2\tau}, \quad t_i^c = t_{i+n-3\tau}, \quad \text{где } i = \overline{1, \tau}.$$

По отрезкам рядов t_i^b и t_i^c получаем осреднённые значения t_i^s :

$$t_i^s = (t_{i+n-3\tau} + t_{i+n-2\tau})/2, \quad \text{где } i = \overline{1, \tau}.$$

А значения t_i^a будут привлекаться для настройки модели по независимым данным.

Вычисляем средний квадрат s отличий ряда t_i^a от ряда t_i^s и для сравнения вычисляем среднеквадратическое отклонение S ряда t на интервале календарных лет от $n - \tau + 1$ до n .

Повторяем вычисления при разных пробных значениях τ и из всех вариантов выбираем τ , при котором s было минимальным. При выполнении условия $s < S/2$ запоминаем значение τ – это будет первый интервал наименьшего общего кратного количества лет для модели. Назовём его эффективным периодом модели.

При τ с наименьшим значением s вычисляется первый элементарный эталон вариаций:

$$t_i^{1e} = (t_{i+n-\tau} + t_{i+n-2\tau} + t_{i+n-3\tau})/3, \text{ где } i = \overline{1, \tau}.$$

Элементарный эталон описывает модельные вариации t на интервале $i = 1 \div \tau$ лет в годы с номерами от $n - \tau + 1$ до n . Согласно гипотезе о повторяющихся биениях будем считать, что на всех предшествующих отрезках времени длительностью τ лет вариации t описываются этим же элементарным эталоном. Построим первый эталонный ряд $L_j^{(1)}$ длительностью n лет:

$$L_j^{(1)} = t_i^{1e},$$

где $j = \overline{1, n}$; $i = j - (m - 1)\tau$; $m = \left(\tau + \tau \left[\frac{i}{\tau} \right] \right) / \tau$; $\left[\frac{i}{\tau} \right]$ означает целую часть числа $\frac{i}{\tau}$.

Последнее значение первого эталонного ряда $L_j^{(1)}$ приходится на последний год n перед прогнозом. Из ряда исходных значений данных наблюдений t_j вычтем поэлементно первый эталонный ряд $L_j^{(1)}$ и получим ряд остатков t' исходного ряда после исключения вариаций первого эталона:

$$t'_j = t_j - L_j^{(1)}, \text{ где } j = \overline{1, n}.$$

Далее осуществляется переход к испытанию следующего пробного периода τ' по ряду остатков t' . Строится второй эталонный ряд $L_j^{(2)}$ длительностью n лет:

$$L_j^{(2)} = t_i^{2e},$$

где $j = \overline{1, n}$; $i = j - (m - 1)\tau'$; $m = \left(\tau + \tau \left[\frac{i}{\tau} \right] \right) / \tau'$; $\left[\frac{i}{\tau} \right]$ означает целую часть числа $\frac{i}{\tau}$.

Таким образом повторяются испытания всех возможных целочисленных периодов от 3 до $n/3$ лет ($\tau = \overline{3, n/3}$). Периоды, при которых не выполняется условие $s < S/2$, отбрасываются. В результате остаётся перечень эффективных значений τ , характеризующих наименьшие общие кратные значения периодов для прогностической модели.

По перечню эффективных периодов для модели строятся эталонные ряды $L_j^{(k)}$, где k – номер эталонного ряда. По эталонным рядам $L_j^{(k)}$ и исходному ряду данных наблюдений t вычисляется уравнение множественной регрессии значений t от значений эталонных рядов $L_j^{(k)}$. Для прогностических целей продлеваем ряды $L_j^{(k)}$ на 3 года вперёд, где $j = n + 1, n + 3$.

Полученные коэффициенты уравнения регрессии и эталонные прогностические значения используются для вычисления прогностических значений исследуемого ряда t данных наблюдений на годы $j = n + 1, j = n + 2, j = n + 3$.

Испытание прогностической модели

Испытание модели проводилось по данным ТПО в Северной Атлантике. В каждом узле географической сетки по каждому месяцу было составлено по 16 прогнозов среднемесячной ТПО на интервале 2001 – 2016 гг.

Прогноз включал прогноз аномалии ТПО (ожидаемые отклонения от тренда) и прогностические трендовые значения ТПО, которыми считались средние значения полинома за последние 5 лет перед прогнозом. Оправдываемость прогнозов аномалий ТПО оценивалась по двум градациям: 1) больше нормы; 2) равно или меньше нормы. В качестве нормы использовались средние значения ТПО за последние 30 лет, предшествующих году прогноза.

Оценки оправдываемости ТПО вычислялись на независимых данных. Так, например, для прогноза ТПО на 2001 – 2003 гг. привлекались данные о ТПО в узле по 2000 год, а полученные

прогностические значения на 2001 – 2003 гг. сравнивались с фактическими данными за 2001 – 2003 гг. Далее составлялись прогнозы на 2002 – 2004 гг. по данным до 2001 года и т. д. Получены среднеквадратические ошибки прогноза ТПО и оценки оправдываемости знака аномалий ТПО (в %) с заблаговременностью один и два года в каждом узле для каждого месяца и для каждого календарного сезона за период 2001 – 2016 гг. Из прогностических значений на третий год использовались только прогнозы на январь и февраль для получения прогноза за зимний сезон на стыке второго и третьего годов.

В табл. 1 приведены оценки качества прогнозов ТПО в Северной Атлантике с заблаговременностью один и два года для всех месяцев. В прогнозе средней ТПО за зиму на два года использовались прогностические значения декабря, вычисленные с заблаговременностью два года и января - февраля с заблаговременностью три года.

Таблица 1

**Среднеквадратические ошибки прогноза аномалий
температуры поверхности океана в Северной Атлантике
с заблаговременностью один и два года**

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
На один год	0,48	0,48	0,56	0,54	0,59	0,69	0,68	0,68	0,60	0,61	0,51	0,58
На два года	0,57	0,53	0,58	0,55	0,59	0,65	0,71	0,62	0,61	0,59	0,56	0,53

Среднеквадратические ошибки прогнозов месячных значений ТПО оказались в интервале от 0,48 до 0,71.

В табл. 2 показана по месяцам оправдываемость знака аномалий ТПО относительно норм за последние 30 лет. Оправдываемость прогноза аномалий оказалась в интервале от 69 до 81 % в разные месяцы при прогнозе на один год и два года. Значения оправдываемости прогнозов мало отличаются друг от друга при прогнозе на год и на два.

Таблица 2

Оправдываемость (%) прогноза знака аномалий температуры по Северной Атлантике с заблаговременностью один и два года по месяцам. Использованы нормы за 30 лет.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Прогноз на один год	71,8	70,0	68,8	69,7	69,7	69,4	71,3	76,2	79,0	80,9	76,4	72,8
Прогноз на два года	73,3	69,9	69,1	71,1	70,6	70,9	72,0	77,1	79,4	81,5	77,2	74,0

Сезонными прогнозами ТПО являются средние значения ТПО, полученные из месячных прогнозов ТПО: 1) весна: март – май; 2) лето: июнь – август; 3) осень: сентябрь – ноябрь; 4) зима: декабрь и январь – февраль следующего года. Среднегодовые прогностические значения ТПО получены осреднением месячных прогностических значений за январь – декабрь. Оправдываемость сезонных прогнозов показана в табл. 3.

Таблица 3

Оправдываемость (%) прогноза знака аномалий среднесезонной температуры и среднегодовой температуры с заблаговременностью 1 и 2 года. Использованы нормы за 30 лет.

Сезон	Весна	Лето	Осень	Зима	Год
Прогноз на один год	68,9	73,2	79,9	72,2	81,5
Прогноз на два года	70,0	73,8	79,7	72,8	80,9

Пространственные особенности оправдываемости представлены на картах для сезонов лето и зима (рис. 2).

Рис. 2 демонстрирует пространственную неоднородность оправдываемости прогнозов ТПО. В среднем удовлетворительная оправдываемость прогнозов месячных и среднесезонных значений ТПО в узлах географической сетки подтверждает возможность расширения предела предсказуемости аномалий ТПО до двух лет с месячным и сезонным разрешением.

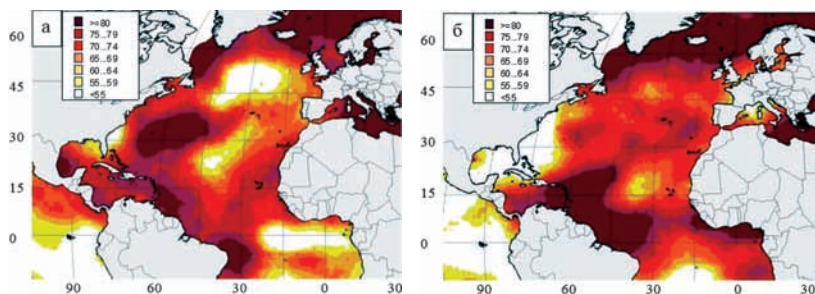


Рис. 2. Оправдываемость (%) прогноза с годовой заблаговременностью аномалий ТПО в узлах географической сетки $5 \times 5^\circ$ по оценкам за 2001 – 2016 гг.: а) лето; б) зима

Заключение

Построена статистическая прогностическая модель, в основу которой были положены следующие представления о свойствах климатической системы и закономерностях формирования короткопериодных колебаний климата:

- климатическая система является колебательной системой со своими собственными частотами в каждой воздушной массе в зависимости от региона формирования воздушной массы;
- смена сезона сопровождается смещением по широте климатологических фронтов и сменой воздушной массы на фиксированной станции. Поэтому циклы температурных изменений не переходят в следующий сезон, но имеют продолжение через год в одноимённом сезоне;
- зависимость температурных условий одного сезона от другого слабее циклических межгодовых связей температуры одноимённых сезонов. Прогностические циклы необходимо искать по многолетним данным в межгодовых колебаниях отдельно по каждому сезону или месяцу;
- колебания на собственных частотах – это колебания под действием внутренних сил после того, как система выведена из состояния равновесия;
- из состояния равновесия колебательную систему климата выводят внешние квазирезонансные воздействия космоса;

- квазирезонансные внешние воздействия вызывают биения колебаний в климатической системе;
- в моменты наступления резонанса или биений в климатической системе усиливаются колебания за счёт высвобождения внутренней энергии.

Не все перечисленные положения бесспорны, но модель работает. При всей сложности суммарной картины короткопериодных колебаний климата во временных рядах ТПО обнаруживаются составляющие колебаний, которые содержат аналоги в отрезках временного ряда, имеющие прогностическое значение. Испытание модели описано на примере Северной Атлантики для экономии места в статье. Испытание модели по всему Мировому океану будет опубликовано в Трудах ВНИИГМИ-МЦД.

Предложенный подход позволяет прогнозировать с годовой заблаговременностью среднемесячную ТПО с оправдываемостью знака аномалий более 70 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 18-05-00721 и 18-45-160006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аскназий А. И. К вопросу о методике долгосрочных прогнозов погоды // Метеорология и гидрология. 1936. № 10. С. 3 – 40; № 11. С. 3 – 43.
2. Пальмен Э., Ньтон Ч. Циркуляционные системы атмосферы / Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 614 с.
3. Шерстюков Б. Г. О возможном резонансном механизме колебаний климата // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 181. С. 52 – 70.
4. Блехман И. И. Синхронизация динамических систем. М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1971. 894 с.
5. *North Atlantic Oscillation*. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/norm.nao.monthly.b5001.current.ascii.table>.
6. Huang Boyin, Livermore Jay, Smith Tom & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 04 Aug 2016. «The Climate Data Guide: SST data: NOAA Extended Reconstruction SSTs, version 3 (ERSSTv3 & 3b).» Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/sst-data-noaa-extended-reconstruction-ssts-version-3-ersstv3-3b>.

УДК 551.583

ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ МОРЕЙ РОССИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 40 ЛЕТ

А. А. Воронцов

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
vorv@meteo.ru*

Глобальное потепление [1] климата на Земле оказывает влияние на различные характеристики системы океан – атмосфера, в том числе на изменение уровня Мирового океана. Особый интерес представляют собой тенденции изменчивости уровня морей России климатических масштабов, поскольку именно они представляют наиболее практический интерес различных пользователей подобной информации.

В целом процессы формирования многолетних колебаний уровня моря зависят от множества различных факторов, как гидрометеорологических, так и космических, приливообразующих, тектонических, антропогенных и др. Понятно, что в природе нет отдельных только приливных или нагонных явлений, в реальных наблюдениях и анализируем некий суммарный уровень, понимая и принимая во внимание региональные различия в проявлениях уровенных колебаний.

В арктических морях изменчивость уровня моря носит очень сложный характер и в основном определяется сочетанием приливообразующих и гидрометеорологических факторов, которые дополняются региональными морфометрическими особенностями [2 – 4]. В годовом цикле изменения уровня моря определяются сезонными изменениями полей атмосферного давления над морем и соответствующих полей ветра [5].

В Дальневосточном регионе, особенно в Японском и Охотском морях, изменчивость уровня моря, как правило, обусловлена гидрометеорологическими факторами [6 – 8], что подтверждено не только данными наблюдений на прибрежных гидрометеорологических станциях, но и данными наблюдений ИСЗ [9].

В Балтийском море, которое по сути является внутриконтинентальным шельфовым морем Атлантического океана, основной вклад в изменчивость уровня моря вносит гидрометеорологический фактор [10].

В южных морях основные факторы, влияющие на колебания уровня моря, – это, с одной стороны, в основном речной сток, испарение и осадки, а с другой стороны – влияние изменения атмосферного давления и ветра [11].

В Каспийском море, пожалуй, главная особенность – это резкое и значительное изменение его уровня с опусканиями и подъёмами различной продолжительности [12, 13]. Причины колебаний до сих пор точно не установлены, хотя, естественно, имеется связь и со стоком рек, и с гидрометеорологическими факторами, и с гидрологией дна.

В Азовском море основной вклад в изменчивость уровня моря вносят гидрометеорологические факторы – в основном ветер. Так, при штормовых ветрах наблюдалось повышение уровня моря в Таганроге до 3,0 – 3,5 м [14].

В Чёрном море также основной вклад в изменчивость уровня моря дают гидрометеорологические факторы [15].

Цель настоящей работы – на основе накопленных данных гидрометеорологических наблюдений на прибрежных станциях и постах морей России оценить тенденции и особенности изменчивости уровня моря за последние четыре десятилетия.

Для анализа изменчивости уровня моря использовались контролируемые данные срочных наблюдений за уровнем моря на ряде станций во всех морях РФ (табл. 1), как правило, за период 1977 – 2018 гг. Дополнительно использовались данные наиболее длительных наблюдений за уровнем моря на станции Выборг в Финском заливе Балтийского моря за период 1806 – 2018 гг.

На вышеперечисленных станциях по данным срочных наблюдений были рассчитаны [16] среднемноголетние месячные средние, значения размаха (амплитуды) колебаний и экстремальные характеристики уровня моря (табл. 2).

Таблица 1

**Сведения о ГМС по морям России, данные которых использованы
в работе**

Станция	Широта, °	Долгота, °	Период наблюдений
<i>Азовское море</i>			
Опасное	45,400	36,600	1977 – 2018
Таганрог	47,200	39,000	1977 – 2018
Ейск-порт	46,700	38,300	1977 – 2018
<i>Баренцево море</i>			
Мурманск	68,967	33,067	1968 – 2018
Варандей	68,800	57,983	1958 – 2018
<i>Балтийское море</i>			
Выборг	60,700	28,700	1977 – 2018
Лисий Нос	60,000	29,900	1977 – 2018
Кронштадт	60,000	29,800	1806 – 2018
<i>Белое море</i>			
Умба	66,700	34,300	1977 – 2018
Соловки	65,000	35,700	1977 – 2018
<i>Берингово море</i>			
Эгвекино	66,300	179,200	1977 – 2016
Анадырь	64,733	177,533	1977 – 2004
<i>Восточно-Сибирское море</i>			
Рау-Чуа	69,500	166,600	1977 – 2015
Бухта Абрамчик	69,600	162,300	1977 – 2015
Певек	69,700	170,300	1977 – 2015
<i>Карское море</i>			
м. Белый Нос	69,600	60,200	1982 – 2018
Е. К. Федорова	70,400	59,100	1982 – 2018
о-ва Известий ЦИК	75,900	83,100	1963 – 2018
Сопочная Карга	71,900	82,700	1977 – 2018
<i>Каспийское море</i>			
Махачкала	43,000	47,500	1968 – 2018
<i>Море Лаптевых</i>			
о. Котельный	76,000	137,900	1982 – 2018
пр. Санникова	74,700	138,900	1982 – 2018
Анабар	72,200	113,500	1977 – 2018

Окончание табл. 1

Станция	Широта, °	Долгота, °	Период наблюдений
<i>Охотское море</i>			
Стародубское	47,400	142,800	1977 – 2018
Аян	56,450	138,150	1977 – 2018
Малокурильское	43,867	146,817	1977 – 2018
<i>Чёрное море</i>			
Севастополь	44,600	33,500	1977 – 2018
Феодосия	45,000	35,400	1977 – 2018
Новороссийск	44,700	37,800	1954 – 2018
Туапсе	44,100	39,100	1950 – 2018
<i>Чукотское море</i>			
м. Ванкарем	67,800	175,800	1977 – 2007
о. Врангеля	71,000	178,600	1977 – 2010
<i>Японское море</i>			
Посьет	42,600	130,800	1977 – 2018
Находка	42,800	132,917	1977 – 2018

Размах колебаний уровня моря – это показательная характеристика, которая позволяет оценить изменчивость уровня моря. При оценке за отдельно выбранный год – изменчивость за этот год, а при оценке размаха при многолетнем осреднении получим характеристику уже климатической изменчивости уровня моря. Именно последняя оценка и приводится в табл. 2 как показатель изменчивости уровня моря за многолетний период на различных гидрометеорологических станциях всех морей России.

Таблица 2

Характеристики изменения уровня моря за последние 40 лет

Станция	Среднее, см	Размах ¹ , см	Максимум, см
<i>Азовское море</i>			
Опасное	483	150	540
Таганрог	474	583	705
Ейск-порт	475	343	614
<i>Баренцево море</i>			
Мурманск	455	551	722

Продолжение табл. 2

Станция	Среднее, см	Размах ¹ , см	Максимум, см
Варандей	477 ²	413	728
<i>Балтийское море</i>			
Выборг	505	293	680
Лисий Нос	509	330	710
Кронштадт	508	336	717 ³
<i>Белое море</i>			
Умба	454	306	605
Соловки	496	251	635
<i>Берингово море</i>			
Эгвекино	439	466	714
Анадырь	442	376	618
<i>Восточно-Сибирское море⁴</i>			
Рау-Чуа	440	260	588
Бухта Абрамчик	445	274	596
Певек	387	311	570
<i>Карское море</i>			
м. Белый Нос	497	344	670
Е. К. Федорова	468	183	563
о-ва Известий ЦИК	157	227	249
Сопочная Карга	182	481	355
<i>Каспийское море</i>			
Махачкала	56	353	206
<i>Море Лаптевых</i>			
о. Котельный	460	251	598
пр. Санникова	460	195	555
Анабар	452 ⁵	386	688
<i>Охотское море</i>			
Стародубское	118	246	278
Аян	196	626	594
Малокурильское	179	262	297
<i>Чёрное море</i>			
Севастополь	480	70	517
Феодосия	480	76	517
Новороссийск	481	78	520
Туапсе	480	72	520

Окончание табл. 2

Станция	Среднее, см	Размах ¹ , см	Максимум, см
<i>Чукотское море</i>			
м. Ванкарем	469 ⁶	306	560
о. Врангеля	113	225	225
<i>Японское море</i>			
Посьет	151	150	238
Находка	43	128	113

Примечания:

¹ Размах – здесь разность экстремальных значений уровня за последние 40 лет.

² По данным 1984 – 2018 гг.

³ За весь период наблюдений с 1806 года наблюдался максимум уровня 867 см.

⁴ По данным 1986 – 2015 гг.

⁵ По данным 1989 – 2018 гг.

⁶ По данным 1986 – 2007 гг.

Как видно из табл. 2, характеристики уровня моря по разным российским морям дают весьма значительные величины экстремумов от 113 см на станции Находка в Японском море до 728 см на станции Варандей в Баренцевом море.

Отдельно можно отметить, что наиболее ярко такая тенденция проявляется в северном (арктическом) регионе, где максимумы значений уровня моря на полярных станциях за многолетний период достигают значений в 600 – 700 см.

Такие же оценки имеет уровень в Беринговом море, непосредственно примыкающем к арктическому бассейну.

В остальных дальневосточных морях экстремальные уровни моря значительно меньше и достигают всего 200 – 300 см.

В южных морях (за исключением Каспийского моря) также наблюдаются значительные экстремальные уровни.

По выбранным периодам, где были стабильными характеристики измерителей уровня моря, проведено оценивание тенденций изменения уровня моря в последние десятилетия (табл. 3).

Такая характеристика как изменение уровня моря весьма показательна в плане целостной картины происходящего за многолетний период, каков тренд и его направленность (поднимается или опускается море в пунктах наблюдений).

Таблица 3

Тенденции изменения уровня моря в последние десятилетия

Море	Наименование ГМС	Период использованных данных, годы	Тенденция, см
Азовское	Опасное	1977 – 2018	+6,9
Азовское	Таганрог	1977 – 2018	+17,1
Азовское	Ейск-порт	1977 – 2018	+6,6
Балтийское	Выборг	1977 – 2018	+6,6
Балтийское	Лисий Нос	1977 – 2018	+4,4
Балтийское	Кронштадт	1977 – 2018	+5,4
Баренцево	Мурманск	1977 – 2018	+14,4
Баренцево	Варандей	1984 – 2018	+2,5
Белое	Умба	1977 – 2018	+22,6
Белое	Соловки	1977 – 2018	+3,1
Берингово	Эгвекино	1977 – 2018	+3,1
Берингово	Анадырь	1977 – 2004	+0,2
Восточно-Сибирское	Рау-Чуа	1986 – 2015	+11,4
Восточно-Сибирское	б. Амбарчик	1986 – 2015	+3,2
Восточно-Сибирское	Певек	1986 – 2015	+6,3
Карское	м. Белый Нос	1982 – 2018	+33,7
Карское	Е. К. Федорова	1977 – 2018	+8,9
Карское	о-ва Известий ЦИК	1977 – 2018	+4,8
Карское	Сопочная Карга	1977 – 2018	+4,3
Каспийское	Махачкала	1977 – 2018	+90,7
Лаптевых	о. Котельный	1977 – 2018	+13,6
Лаптевых	пр. Санникова	1977 – 2018	+9,6
Лаптевых	Анабар	1989 – 2018	+16,4
Охотское	Стародубское	1977 – 2018	+18,0
Охотское	Аян	1977 – 2018	+14,8
Охотское	Малокурильское	1977 – 2018	+5,8
Чёрное	Севастополь	1977 – 2018	+11,2
Чёрное	Феодосия	1977 – 2018	+5,1
Чёрное	Новороссийск	1977 – 2018	+8,7
Чёрное	Туапсе	1977 – 2018	+13,2
Чукотское	м. Ванкарем	1986 – 2007	+17,3
Чукотское	о. Врангеля	1977 – 2018	+27,9
Японское	Посыет	1977 – 2018	+13,7
Японское	Находка	1977 – 2018	+19,6

Что характерно, на всех гидрометеорологических станциях морей России тренд уровня моря положителен.

На рис. 1 показан характерный график данных наблюдений (точки) и линейный тренд с аппроксимационным уравнением. Для построения графика взяты данные ГМС Выборг за период 1977 – 2018 гг.

На рис. 2 даны те же характеристики, что и на рис. 1, но за максимально возможный период наблюдений с 1806 по 2018 год.

Как видно из графиков, положительная тенденция сохраняется, хотя в последние 40 лет рост уровня моря идет интенсивнее.

По наблюдениям на береговых гидрометеорологических станциях средний уровень моря подвержен межгодовой и внутригодовой изменчивости. Диапазон межгодовой изменчивости, то есть колебания уровня от года к году, колеблется в больших пределах (табл. 2).

А в течение многолетнего года средний уровень моря также не остаётся постоянным и испытывает сезонные изменения.

Эти изменения показаны на графиках (рис. 3 и 4).

График изменения уровня показан по станции Аян в Охотском море, где характеристика уровня такова, что уровень испытывает два максимума в году – зимний и осенний – и один

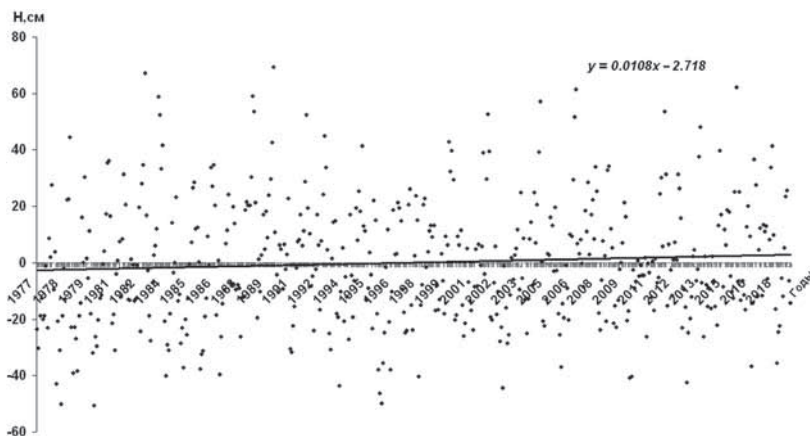


Рис. 1. Изменчивость уровня моря на ГМС Выборг за 1977 – 2018 гг.

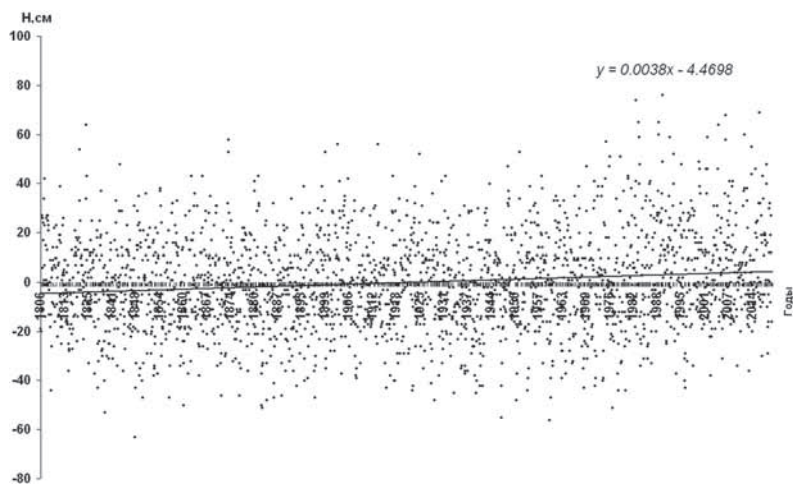


Рис. 2. Изменчивость уровня моря на ГМС Выборг за 1806–2018 гг.

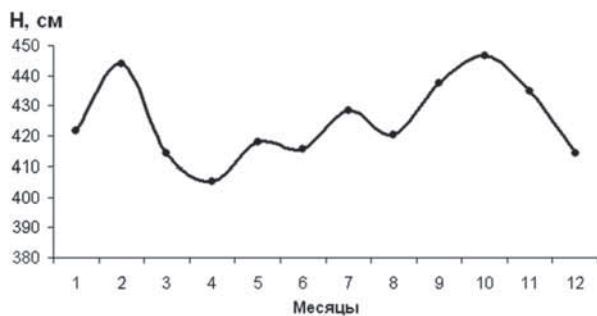


Рис. 3. Годовой ход уровня моря на ГМС Аян за 1977–2018 гг.

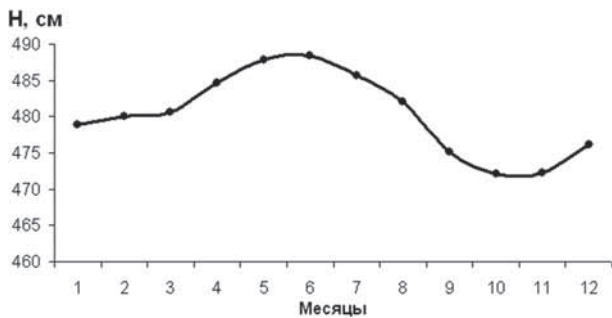


Рис. 4. Годовой ход уровня моря на ГМС Севастополь за 1977–2018 гг.

минимум – весенне-летний. Традиционная полугодовая цикличность сбита, что говорит о сложном характере уровенных колебаний в этом регионе.

На рис. 4 показан характерный для уровня моря годовой ход с полугодовой цикличностью: повышение уровня моря в тёплый сезон и понижение уровня моря в холодный сезон.

На графике показаны данные по ГМС Севастополь в Чёрном море. Однако такой вид годового хода аналогичен для всех станций Чёрного моря.

Изменчивость уровня моря в Азовском и Японском морях, так же как и в Чёрном море, имеет один максимум и один минимум в течение многолетнего года.

Изменчивость уровня моря в других российских морях имеет сложный характер. Вид годового хода близок к виду годового хода в Охотском море.

В целом можно сделать вывод, что по данным наблюдений на береговых гидрометеорологических станциях в морях России в последние 40 лет чётко прослеживается положительная тенденция в изменении уровня моря. Повышение уровня моря в различных морях различно – от нескольких до десятков сантиметров. При этом необходимо отметить, что изменчивость уровня в десятки раз превышает характеристики тренда. В многолетнем плане весьма велика не только межгодовая, но и внутригодовая изменчивость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Второй оценочный доклад* Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Научные руководители – В. М. Катцов, С. М. Семенов. М: Росгидромет, 2014. 1005 с.
2. *Проект «Моря СССР»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л: Гидрометеоиздат, 1990. 279 с.
3. *Ашик И. М., Рыжов И. В.* Экстремальные колебания уровня арктических морей и их многолетние изменения // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 4 (94). С. 74 – 89.
4. *Проект «Моря СССР»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.

5. Войнов Г.Н. и др. / Войнов Г. Н., Налимов Ю. В., Пискун А. А., Становой В. В., Усанкина Г. Е. Основные черты гидрологического режима Обской и Тазовской губ (лёд, уровни, структура вод). СПб.: Нестор-История, 2017. 192 с.
6. *Проект «Моря»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. 398 с.
7. *Проект «Моря»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 10. Берингово море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1999. 300 с.
8. *Проект «Моря»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. 342 с.
9. *Старицын Д. К., Фукс В. Р.* Сезонная изменчивость уровня Японского моря (по данным альтиметрических измерений) // Вестник СпбГУ. Сер. 7. 2003. Вып. 4 (№ 31). С. 56 – 71.
10. *Проект «Моря СССР»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 3. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 447 с.
11. *Южные моря России: потепление климата – причины и следствия.* Обзор. М.: ФГБУ «ГОИН», 2012. 53 с.
12. *Абузаров З. К., Нестеров Е. С.* Некоторые особенности пространственно-временной изменчивости уровня Каспийского моря // Труды Гидрометцентра России. 2011. Вып. 345. С. 5 – 23.
13. *Проект «Моря»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 6. Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 359 с.
14. *Проект «Моря СССР»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5. Азовское море. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. 236 с.
15. *Проект «Моря СССР»*. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 4. Чёрное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 429 с.
16. *Воронцов А. А. и др. / Воронцов А. А., Михайлов Н. Н., Олейников С. А., Ульянич И. Г.* Режимно-справочный банк данных «Океанография – моря СССР». Методическое, программное и информационное обеспечение получения климатических характеристик для исследования изменчивости гидрометеорологического и гидрохимического режима морей. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 92 с.

УДК 551.501.777

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ МАССИВ ДАННЫХ ЧИСЛА ДНЕЙ С ОСАДКАМИ ≥ 1 ММ

Н. В. Швець¹, В. Н. Разуваев², С. П. Катина³

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»

¹ schvets@meteo.ru, ² razuvaev@meteo.ru, ³ tlt@meteo.ru

Введение

Вопрос о влиянии климата на жизнедеятельность человека не теряет своей актуальности. В последние десятилетия изменения, происходящие в климатической системе, вызывают большую озабоченность в обществе, так как выживание человечества во многом зависит от понимания механизма происходящих в природе процессов. Эмпирико-статистический анализ данных наблюдений позволяет получить некоторые оценки изменений климата. Зная, что у нас было в прошлом, мы с определённой долей вероятности можем говорить о грядущих вызовах. Это важно, насколько мы будем к ним готовы.

Но и сегодня, когда мы все более уязвимы из-за действия неблагоприятных климатических явлений, возрастает необходимость использования всё более полной и всё более доступной климатической информации. В разы возрастает потребность в использовании климатической информации для более эффективного обслуживания потребителей. Как было сказано в [1], беспрепятственное предоставление климатической информации и усилия по дальнейшему изучению климатических условий на территории России будет, с одной стороны, способствовать своевременному процессу принятия решений отдельными лицами и организациями, а с другой – будет улучшать наши знания о климате в целом. В связи с этим в Росгидромете были активизированы работы по созданию высококачественных массивов данных, которые включают основные климатические параметры.

На сегодняшний день во ВНИИГМИ-МЦД обеспечено функционирование открытого бесплатного полноценного доступа к специализированным массивам данных через Интернет.

В настоящее время в свободном доступе на Web-сайте ВНИИГМИ-МЦД размещены два десятка специализированных массивов данных различного временного разрешения по основным климатическим параметрам.

Одним из направлений в реализации работ по повышению эффективности климатического обслуживания должно быть расширение состава массивов данных. Перечень создаваемых баз данных, определённый на основе требований Глобальной системы наблюдений за климатом, включал основные климатические параметры, такие как температура воздуха, осадки, характеристики свободной атмосферы. Но, например, для более полной характеристики режима увлажнения какого-либо района, кроме общего количества осадков, весьма полезно знать, как часто выпадают осадки, какова их интенсивность и повторяемость больших ливней, дождей средней интенсивности и мелких осадков. Такие сведения крайне необходимы для ряда отраслей, коммунальных служб, сельского хозяйства и т. д., поэтому, решая задачу по расширению списка массивов в свободном доступе, закономерным было дополнить этот список массивами, содержащими данные о числе дней с осадками различной величины. Месячные суммы осадков дают недостаточное представление о погоде в дни с осадками, в частности о длительности выпадения осадков. Число дней с осадками различной величины до некоторой степени дополняет, уточняет данные по количеству осадков, показывает как часто и какой величины выпадают осадки. Например, по числу дней с осадками можно увидеть в какой период времени года наиболее часты осадки на интересующей исследователя или пользователя территории. Был подготовлен специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм. Представляя для свободного доступа данный массив исходили из следующего: во-первых, количество дней с осадками ≥ 1 мм входит в число характеристик международного обмена и передаётся по каналам связи для использования в оперативной

практике; во-вторых, Всемирная метеорологическая организация определяет регламент перерасчёта норм основных климатических параметров за тридцатилетние периоды с шагом в десять лет. Ввиду этого и по заданию Госгидромета в рамках темы НИР 2.6.10 были рассчитаны нормы для некоторых климатических параметров. Были нормы и для числа дней с осадками 1 мм и более в сутки на территории России за три 30-летних периода с шагом в десять лет (1961 – 1990, 1971 – 2000 и 1981 – 2010 гг.) для использования в практике оперативного прогнозирования [2]. В-третьих, количество осадков ≥ 1 мм в сутки, наряду с другими характеристиками осадков, исследуется в работах по изучению климата, так как даёт более полное представление о режиме увлажнения отдельного конкретного района. Вполне логичным видится решение поместить на сайт для свободного доступа массив данных этой градации.

При создании специализированного массива данных числа дней с осадками ≥ 1 мм учитывались основные принципы формирования специализированных массивов, изложенные в [3]. Кратко напомним их:

- обеспечение открытого доступа к массивам данных. Обязательная процедура контроля данных, устранение грубых ошибок и пропусков в данных метеонаблюдений;
- обязательное наличие метаданных, как описывающих саму базу данных, так и дополнительные сведения, позволяющие устранить неоднородность в рядах данных (перенос станций, сведения об изменении ландшафта, изменение методик наблюдений или расчётов и т. д.);
- пополнение массива данных.

Описание специализированного массива данных числа дней с осадками ≥ 1 мм

Наименование массива. Специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм. Краткое название массива – Nd.

Содержание массива. Массив Nd содержит ежемесячные данные о числе дней с осадками ≥ 1 мм с приземных наблюдательных станций Российской Федерации. Как и все предыдущие

специализированные массивы [1, 3], массив Nd создавался по данным, находящимся на технических носителях Госфонда Росгидромета, по данным из опубликованных источников [4, 5].

Тип массива. Массив Nd – открытый, так как его объём всё время возрастает за счёт пополнения данных. Как и предыдущие специализированные массивы, массив данных Nd пополняется новыми данными. Ошибочные данные заменяются на исправленные. Информация о внесённых исправлениях размещается на сайте в разделе «Обнаруженные и исправленные ошибки».

Пространственное размещение. Массив содержит данные для 518 станций Российской Федерации. Перечень станций, как и для всех ранее размещённых на сайте специализированных массивов, составлен на основании двух списков: списка станций Росгидромета, входящих в Глобальную сеть наблюдений за климатом (утверждённого Руководителем Росгидромета 25 марта 2004 года) и списка реперных метеорологических станций, подготовленного в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (исполнитель – зав. ОМРЭИ ГГО В. И. Кондратюк).

Временное представление. Массив содержит данные от начала наблюдений на станции по 2017 год.

В размещённой на сайте версии содержится информация с 1966 года по аналогии со специализированным массивом данных месячных сумм осадков на станциях России.

Описание данных. Число дней с осадками различной величины в какой-то мере является производной от самой величины осадков. И если мы вводим ограничение на начало ряда для месячных сумм осадков, то вполне логично ввести такое же ограничение для массива числа дней с осадками. Эта процедура, как отмечалось в [1], вызвана желанием нивелировать неоднородность рядов месячных сумм осадков, а, следовательно, и данных числа дней с осадками. Нарушение однородности в рядах осадков происходило неоднократно. В период с 1930 по 1940 год в нашей стране был осуществлён перенос большинства станций на незащищённые, открытые места. И это не улучшило качество и достоверность осадков (в отличие от других элементов наблюдения). Примерно с 1891 по 1950 год в нашей сети

просуществовал дождемер с защитой Нифера. Поскольку он вносил значительную погрешность в измерение осадков в холодное время, в 1948 – 1952 гг. на метеорологических станциях и постах был введён более совершенный прибор – осадкомер с планочной защитой системы Третьякова [6]. С января 1966 г. стала вводиться поправка на смачивание. Таким образом, учитывая тот факт, что после 1966 года не вносилось никаких изменений в методику измерений и обработку данных наблюдений по осадкам, можно считать данные по осадкам однородными за период с 1966 года. по настоящее время. Следовательно, более репрезентативными являются рассчитанные на основе данных наблюдений за этот период массивы числа дней осадков различной величины, в частности рассматриваемый в данной статье специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм.

Все значения метеорологических величин в массиве представлены в натуральном виде.

Структура записи. Массив состоит из записей постоянной длины с символом конца строки, длина записи – 58 байтов. Каждая запись содержит 14 полей с фиксированным положением в записи и фиксированной длиной. Все поля в записи разделены между собой при помощи символа «пробел».

Такое «двойное» форматирование позволяет использовать любой из способов разделения полей («comma separate» или «fixed length fields») во время ввода в программные средства хранения (СУБД), электронные табличные процессоры, пакеты расчета статистик или средства графики.

Описание формата записи приведено ниже в табл. 1.

Таблица 1

Формат записи в массиве данных

Номер поля	Позиция	Длина поля	Наименование поля	Примечание
1	1 – 5	5	Индекс ВМО станции	
	6	1	Пробел	
2	7 – 10	4	Год	
	11		Пробел	
1	2	3	4	5

Окончание табл. 1

Номер поля	Позиция	Длина поля	Наименование поля	Примечание
3	12 – 14	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в январе	С точностью до целого
	15	1	Пробел	
4	16 – 18	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в феврале	-/-
	19	1	Пробел	
5	20 – 22	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в марте	-/-
	23	1	Пробел	
6	24 – 26	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в апреле	-/-
	27	1	Пробел	
7	28 – 30	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в мае	-/-
	31	1	Пробел	
8	32 – 34	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в июне	-/-
	35	1	Пробел	
9	36 – 38	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в июле	-/-
	39	1	Пробел	
10	40 – 42	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в августе	-/-
	43	1	Пробел	
11	44 – 46	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в сентябре	-/-
	47	1	Пробел	
12	48 – 50	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в октябре	-/-
	51	1	Пробел	
13	52 – 54	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в ноябре	-/-
	55	1	Пробел	
14	56 – 58	3	Число дней с осадками ≥ 1 мм в декабре	-/-
	59	1	Символ конца строки	

Фрагмент файла данных приведён ниже:

20046	1966	13	8	2	3	11	5	4	6	16	10	17	21
20046	1967	6	8	10	8	4	5	10	5	8	13	11	7
20046	1968	10	8	1	8	2	6	3	13	6	4	3	10
20046	1969	6	17	5	2	2	2	6	8	8	9	8	16
20046	1970	4	8	7	1	8	5	5	10	6	8	2	6
20046	1971	3	12	6	4	5	1	2	10	8	6	7	10
20046	1972	6	4	4	0	2	2	7	10	6	4	1	6
20046	1973	3	12	4	2	3	3	6	11	8	3	5	6
20046	1974	8	7	9	5	0	5	7	5	7	9	7	13
20046	1975	13	11	3	9	5	9	8	8	8	7	5	12
20046	1976	6	10	8	6	0	1	4	7	4	1	8	6
20046	1977	3	3	2	2		5	4	6	4	6	10	12

Контроль качества данных. Данные специализированного массива числа дней с осадками, равными 1 мм и выше за сутки, прошли несколько этапов контроля, первый из которых, как описано в [3], массивы проходят на этапе занесения данных на технические носители. При организации архивного хранения данные подвергаются технологическому контролю, описанному в [7]. Массив проконтролирован на экстремальные значения; качество данных проверялось методом статистического контроля [8], основанным на анализе рассчитываемых значений асимметрии и эксцесса, позволяющий выявлять отдельные выбросы в данных. В разделе «Основные требования к организации специализированного массива» говорилось о том, что при подготовке баз данных для климатических исследований необходима информация, позволяющая устранить возможную неоднородность в рядах метеорологических элементов (сведения о переносе станции, информация о смене приборов, изменения в окружающем ландшафте и т. д.). Потому наряду со специализированным массивом подготовлен и размещён на сайте «Каталог станций», фрагмент из которого приведён в табл. 2.

Таблица 2

Каталог станций

№ п/п	Инд. ВМО	Название станции	Координаты станции		Н*	Н/п	Примечание
			Широта	Долгота			
72	23324	Петрунь	66°26'	60°46'	61	1966	
73	23330	Салехард	66°32'	66°40'	15	1966	Перенос: 31.08.1973 г. на 2 км к В, 30.05.2002 г. на 2 км к В
74	23331	Ра-Из	66°54'	65°40'	895	1966	С 01.01.1998 г. законсервирована, 01.08.2011 г. закрыта
75	23345	Ныда	66°37'	72°54'	5	1966	Переносы: 03.07.1988 г. на 1 км к ЗЮЗ
76	23365	Сидоровск	66°36'	82°18'	34	1966	С 01.09.1997 г. законсервирована, с 01.08.2011 г. закрыта
77	23383	Агата	66°53'	93°28'	277	1966	

Окончание табл. 2

№ п/п	Инд. ВМО	Название станции	Координаты станции		Н*	Н/п	Примечание
			Широта	Долгота			
78	23405	Усть-Цильма	65°26′	52°16′	78	1966	
79	23412	Усть-Уса	65°58′	56°55′	77	1966	
80	23418	Печора	65°07′	57°06′	53	1966	Перенос в 1973 г. на 1,2 км к ССЗ

Примечание. Н* – высота метеорологической площадки в м, Н/п – начало периода.

Удалённый доступ к специализированному массиву

Структура специализированного массива данных числа дней с осадками ≥ 1 мм, как одного из архивов Госфонда ВНИИГМИ-МЦД, описана средствами языка описания гидрометеорологических данных (ЯОД). То есть он является ЯОД-архивом. А проблема локального доступа к ЯОД-архивам решена средствами АИСОРИ. На сервере ВНИИГМИ-МЦД доступ к массиву данных, выборка данных по интересующим пользователя станциям, их просмотр и копирование обеспечиваются специализированной технологией Аисори (<http://meteo.ru/it/178-aisori>) (авторы – канд. физ.-мат. наук В. М. Веселов и канд. техн. наук И. Р. Прибыльская [9 – 11]).

Используя технологию удалённого доступа к ЯОД-архивам, решённую средствами АИСОРИ, доступ осуществляется непосредственно к ЯОД-архивам. За счёт АИСОРИ технология позволяет получать любые табличные выборки с весьма высокой скоростью. Эта технология работает под управлением Web-сервера приложений Байконур [12]. Доступ пользователей к данным осуществляется по сетям Интернет/Инtranет с помощью браузера общего назначения, установленного на компьютере пользователя. И конфигурация компьютера, и установленная на нём операционная система могут быть любыми.

Выводы

Создание специализированного массива данных числа дней с осадками ≥ 1 мм, приведённого к уровню моря, расширяет список климатических баз данных, которые составляют основу

для проведения широкомасштабных работ по изучению климата России. На сегодняшний день на сайте ВНИИГМИ-МЦД выставлено два десятка специализированных массивов данных. Важным представляется продолжение работ по дальнейшей корректировке уже представленных данных, повышая их репрезентативность. А это возможно осуществить при условии постоянного сбора сведений о переносе станций, изменениях в окружающем ландшафте, смене приборов, методиках наблюдения и обработки. Важным видится не только расширение баз метеорологических наблюдений, доступных для широкого круга потребителей, но и расширение работ по исследованию климата. Всё это будет способствовать дальнейшему развитию потенциала пользователей и специалистов, эффективности климатического обслуживания в процессе принятия решений, а также при решении многих исследовательских задач, касающихся состояния климата на территории Российской Федерации.

В заключение хотелось бы привести статистику по запросам данных из спецмассивов, подготовленных в отделе климатологии. В 2018 году число запросов составило 26 852, причём это более чем в полтора раза больше, чем было сделано в 2017 году. На конец 2018 года было зарегистрировано свыше двадцати с половиной тысяч пользователей не только из России, но и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Это подтверждает заинтересованность пользователей в постоянно пополняемых специализированных массивах для использования их в практической деятельности, а также в работах по дальнейшему исследованию климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н. Специализированные массивы данных для климатических исследований // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 136 – 148.
2. Коршунова Н. Н., Швець Н. В. Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 11 – 24.

3. Швець Н. В., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т. Специализированный массив данных среднемесячного давления на уровне моря для климатических исследований // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 81 – 89.
4. Справочник по климату СССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Выпуски 1 – 34. Л.: Гидрометеиздат, 1966 – 1970 гг.
5. Метеорологический ежемесячник СССР. Выпуски 1 – 34, ч. 2. 1961 – 1990.
6. Швер Ц. А. Исследование наблюдений по дождемеру и осадкомеру. Л.: Гидрометеиздат, 1965. С. 4 – 5.
7. Веселов В. М. Архивы Госфонда на ПЭВМ и технология их организации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 16 – 30.
8. Трофименко Л. Т., Шевченко Н. Н. Анализ полей асимметрии и эксцесса как средство контроля качества архивных данных // Труды ВНИИГМИ МЦД. 1985. Вып. 116. С. 67 – 77.
9. Веселов В. М., Прибыльская И. Р. АИСОРИ – Web-технология «Удалённый доступ к ЯОД-архивам» // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 163 – 172.
10. Веселов В. М., Прибыльская И. Р. Система электронного обслуживания пользователей ЕГФД с использованием интернет-технологий // Обзор деятельности ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» за 2011 – 2012 гг. С. 68 – 72. <http://meteo/ru/publications/123-vniigmi-mtsd-review>.
11. Веселов В. М. Структура и информационные технологии Госфонда // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 5 – 27.
12. Серверы приложений и средства для быстрой разработки интернет-приложений. Официальный сайт компании Epsilon Technologists. <http://www/demo/ru>.

УДК 551.524

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**А. Ф. Финаев¹, В. Н. Разуваев²,
Л. Т. Трофименко³, В. Н. Кузнецова⁴**

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»*

¹ afinaev@meteo.ru, ² razuvaev@meteo.ru,

³ tlt@meteo.ru, ⁴ kuznezova@meteo.ru

Введение

Анализ температуры приземного воздуха играет основную роль при оценке изменений климата. Несмотря на короткий период инструментальных наблюдений, зафиксирован рост температуры воздуха. Вместе с тем важно оценить интервалы колебаний температуры в различные периоды хронологического ряда.

Исследования диапазона суточных изменений температуры воздуха (Diurnal Temperature Range, или DTR) в США, России и Китае впервые показали, что максимальные температуры остаются постоянными или увеличиваются лишь незначительно, в то время как минимальные температуры увеличиваются более быстрыми темпами [1 – 3]. В горных регионах Центральной Европы максимальная и минимальная температура увеличивались одинаковыми темпами [4]. Однако исследования в горных районах Памира за период с 1923 по 1993 год показали, что в долинах наблюдается более быстрый рост температуры, чем в высокогорье [5]. Анализ глобальной средней температуры воздуха за период с 1950 по 1993 год выявил, что её повышение частично связано с разной скоростью изменения суточных максимальных и минимальных температур, что приводит к уменьшению DTR [6]. Дальнейшие исследования глобальных данных температуры воздуха за период с 1950 по 2004 год показали [7], что минимальная температура увеличивалась быстрее, чем максимальная только с 1950 по 1980 год, что привело к уменьшению DTR за этот период. В этом

исследовании также указано, что экстремальные температуры увеличились почти во всех частях земного шара за период с 1950 по 2004 год. Детальные исследования изменения температуры в тропосфере и стратосфере выявили высокую чувствительность величины тренда от изменения длины ряда [8]. В исследованиях отмечается, что наблюдаемые сокращения DTR за последнее столетие велики [9]. Спутниковые исследования показали, что DTR хорошо согласуется с нормализованным индексом растительности NDVI [10]. В исследованиях климата Новосибирска был выполнен анализ изменения температуры воздуха с 1900 по 2012 год [11]. Отмечается, что DTR имеет тенденцию к увеличению во всех сезонах, особенно в зимний период [12]. С помощью спутниковых исследований были оценены изменения поверхностной температуры, которая, несомненно, связана с DTR, на обширных территориях. Анализ пятнадцатилетних временных рядов показал общее снижение суточных колебаний в Северном полушарии [13].

Исследования изменений температуры воздуха, выполненные на Европейской территории России (ЕТР), охватили данные 53 станций за стандартный климатический период, принятый ВМО, с 1961 по 1990 год [14]. Вся территория была разделена на три региона – Северный, Центральный и Южный. В каждом регионе были определены репрезентативные станции, оценка изменений температуры на которых может характеризовать весь регион. Такими станциями для Северного региона является Архангельск, для Центрального – Елаьта, для Южного – Сочи (рис. 1). Анализ данных показал снижение DTR, особенно в зимний период.

Неоднозначность представленных во многих публикациях результатов, вероятно, имеет несколько причин, одной из которых является использование коротких временных рядов наблюдений. Другой причиной может быть ограниченный охват территории исследования. Представленные в [14] результаты изменения основаны на тридцатилетнем периоде, установленном ВМО как климатический стандарт. На фоне увеличения хронологического ряда наблюдений возник вопрос о переоценке изменений температурных характеристик на территории ЕТР. Для этого были выполнены исследования температуры воздуха за весь период



Рис. 1. Европейская часть России, три региона (I – Северный, II – Центральный, III – Южный) и три репрезентативные станции для каждого региона (I – Архангельск, II – Елатъма, III – Сочи)

инструментальных наблюдений для трёх станций, указанных выше и признанных ранее репрезентативными.

1. Данные и методы

Для проведения исследований были использованы суточные данные температуры воздуха за весь период наблюдений на станциях Архангельск, Елатъма и Сочи, которые репрезентативны [14] для трёх регионов ЕТР (рис. 1). Массив данных подготовлен и проверен на качество во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных

(ВНИИГМИ-МЦД) [15]. Набор данных содержал всего 404851 значение по трём станциям и был собран в базу данных NEC-DSSVue [16]. Статистические характеристики данных, представленные этой базой, показаны в табл. 1. Среднегодовые температуры (T_{mean}), среднегодовые экстремальные температуры (T_{max} , T_{min}) и их разность ($DTR = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$) для каждого года были рассчитаны по этим данным за исследуемый период. Кроме того, была рассчитана средняя величина для каждого параметра и отклонение от неё (ΔT_{mean} , ΔT_{max} , ΔT_{min}), что позволяет сравнивать результаты, полученные для разных станций, и коэффициенты тренда (δ).

Таблица 1

Статистические характеристики набора данных

Станция	Кол-во значений	T_{max} , °C/дата	T_{min} , °C/дата	T_{mean} , °C
<i>Средняя температура (T_{mean}, °C)</i>				
Архангельск	49885	28,4/13.07.1972	-44,2/08.01.1885	1,1
Елатьма	46813	30,6/03.08.1936	-39,8/17.01.1940	4,4
Сочи	50008	33,1/17.08.1877	-9,4/18.01.1964	14,2
<i>Максимальная температура (T_{max}, °C)</i>				
Архангельск	42264	34,4/13.07.1972	-43,1/08.01.1885	5,09
Елатьма	36210	39,3/04.08.2010	-35,7/31.12.1978	8,9
Сочи	41600	39,4/30.07.2000	-4,4/18.01.1964	18,3
<i>Минимальная температура (T_{min}, °C)</i>				
Архангельск	49645	23,0/15.07.1885	-45,2/08.01.1885	-2,6
Елатьма	45101	25,0/27.08.1972	-42,9/20.01.1942	0,2
Сочи	43325	29,0/11.06.1924	-13,4/25.01.1892	11,0
Всего	404851	...	...	...

Для расчёта коэффициентов трендов температуры (δT , δT_{min} , δT_{max}) и DTR (δDTR) использовался метод наименьших квадратов (МНК). Это позволило сравнить полученные результаты с предыдущими исследованиями [14], где был реализован аналогичный подход. Расчёты проводились инструментами программы Excel. Кроме линейных трендов были получены полиномиальные тренды изменения характеристик температуры воздуха, которые показали изменения на коротких временных периодах.

2. Результаты

В следующих двух разделах показаны результаты анализа характеристик температуры воздуха за период с 1961 по 2017 год, что позволяет сравнить их с результатами, представленными в [14].

2.1. Изменение температуры воздуха с 1961 по 2017 год

За период с 1961 по 2017 год были рассчитаны линейные тренды изменения среднегодовой температуры воздуха, среднегодовых экстремальных температур и DTR для трёх регионов ЕТР.

Анализ полученных результатов показывает, что за период с 1961 по 2017 год наибольший коэффициент тренда среднегодовой температуры отмечается в Центральном регионе (Елатьма) – $0,372\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (табл. 2). К югу рост температуры уменьшается, и самое низкое потепление отмечается в Сочи (Южный регион) – $0,139\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$.

Таблица 2

Коэффициент линейного тренда среднегодовых экстремальных температур и разности экстремумов за период с 1961 по 2017 год

Станция	$\delta T_{\text{mean}}, ^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$	$\delta T_{\text{max}}, ^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$	$\delta T_{\text{min}}, ^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$	$\delta \text{DTR}, ^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$
Архангельск	0,347	0,334	0,359	-0,024
Елатьма	0,372	0,359	0,350	0,045
Сочи	0,139	0,163	0,171	-0,007

Наибольший коэффициент тренда максимальной температуры воздуха наблюдается в Центральном регионе (Елатьма) ($\delta T_{\text{max}} = 0,359\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), а наибольший коэффициент тренда минимальной температуры зафиксирован на станции Архангельск ($\delta T_{\text{min}} = 0,359\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). Наименьшие изменения экстремальных температур воздуха зафиксированы в Сочи ($\delta T_{\text{max}} = 0,163\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\delta T_{\text{min}} = 0,171\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). В то же время разница между изменениями экстремальных значений температуры (ΔDTR) практически не меняется (табл. 2, рис. 2).

2.2. Оценка DTR в зимний период

В выполненных ранее исследованиях Weber et al. [4] и Razuvaev et al. [14] авторы обратили внимание на уменьшение DTR из-за асимметричного повышения минимальной температуры

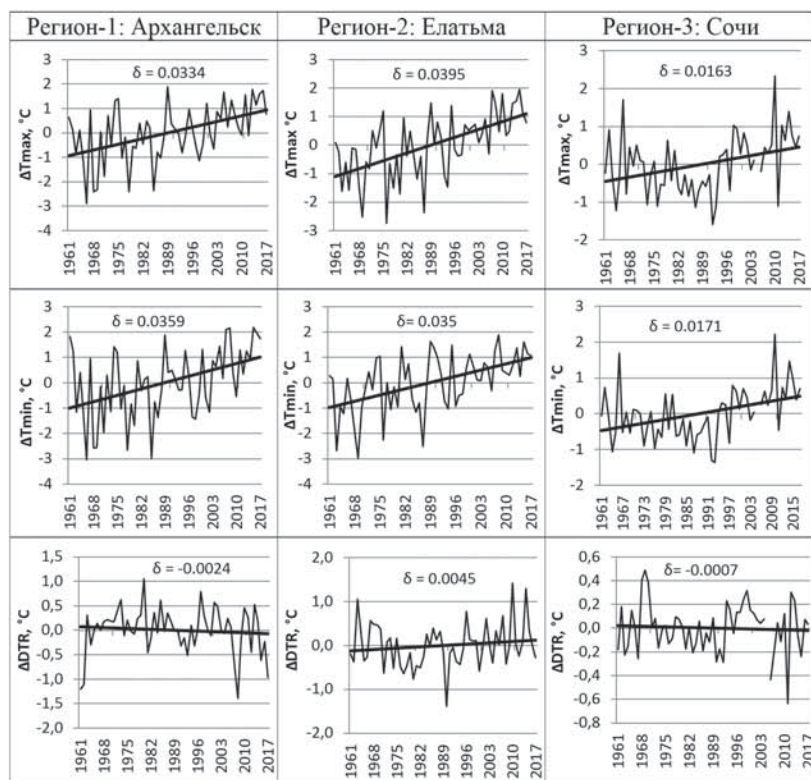


Рис. 2. Среднегодовые аномалии $\Delta T_{\max}$, $\Delta T_{\min}$ и ΔDTR над Северным (1), Центральным (2) и Южным (3) регионами ЕТР с 1961 по 2017 год и коэффициенты линейных трендов δ °C/год

в зимний период года. Такой феномен был замечен с конца пятидесятых – начала шестидесятых годов XX века. За зимний период принимались пять месяцев с ноября по март за период с 1961 по 1990 год (30 лет) [14]. В настоящей работе проведена оценка этого факта с использованием более длинного хронологического ряда – с 1961 по 2017 год (57 лет). Были выполнены расчёты трендов характеристик температуры ($\delta T_{\max}$, $\delta T_{\min}$, δT_{mean} и δDTR) в зимний период. Полученные результаты показали, что во втором периоде тенденция роста характеристик температуры увеличилась в Северном и Центральном регионах. В Южном

регионе рост температуры не наблюдается. Скорость уменьшения разницы между максимальной и минимальной температурой увеличилась на севере и замедлилась в Центральном регионе. В Южном регионе (Сочи) δDTR близка к нулю (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты тренда изменений $\delta T_{\max}$, $\delta T_{\min}$, δT_{mean} и δDTR за зиму по трём регионам за период 1961 – 2017 гг.

Регион-Станция	$\delta T_{\max}$	$\delta T_{\min}$	δT_{mean}	δDTR
I-Архангельск	0,387	0,553	0,472	-0,166
II-Ельма	0,514	0,648	0,578	-0,134
III-Сочи	-0,001	0,043	0,001	-0,044

2.3. Характеристики температуры воздуха за весь период наблюдений

Исследования данных длинного хронологического ряда имеют большое значение для оценки изменений климата, так как сглаживаются короткопериодные флуктуации и видна долговременная тенденция. Метеорологические станции имеют данные по температуре воздуха за длительный период: Архангельск – с 1881 по 2017 г. (137 лет); Ельма – с 1886 по 2017 год (132 года); Сочи – с 1874 по 2017 год (144 года). По имеющимся массивам суточных данных были рассчитаны среднегодовые температуры воздуха. Линейные тренды этих данных показали, что в течение всего периода наблюдений зафиксирован рост среднегодовой температуры воздуха: Архангельск – 0,86 °C/100 лет; Ельма – 1,17 °C/100 лет; Сочи – 0,29 °C/100 лет (рис. 3 – 5). В то же время полиномиальный анализ выявил многолетние колебания температуры воздуха с периодом примерно 80 лет. Поэтому стандартный тридцатилетний климатический период с 1961 по 1990 год может попадать как на восходящую, так и на нисходящую ветвь долговременных колебаний. Это и показано на рис. 3, 4 и 5 (область, выделенная прямоугольником).

Как было сказано выше, вызывает интерес изменение диапазона экстремальных значений, поскольку максимальные и минимальные температуры могут по-разному меняться под воздействием различных факторов. Был выполнен анализ изменения

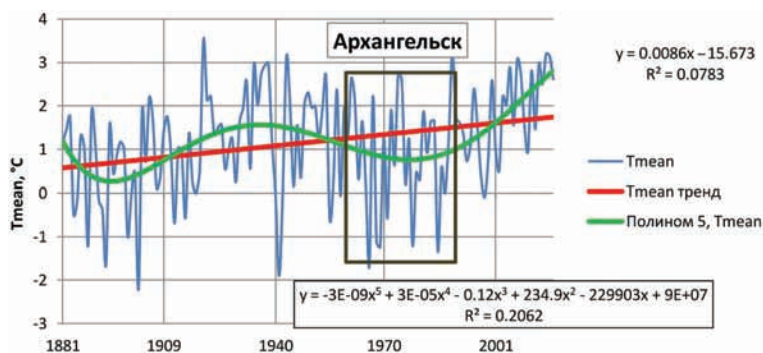


Рис. 3. Изменения среднегодовой температуры воздуха в Архангельске за весь период наблюдений (137 лет). $\delta = 0,86$ °C/100 лет. Выделен период с 1961 по 1990 год

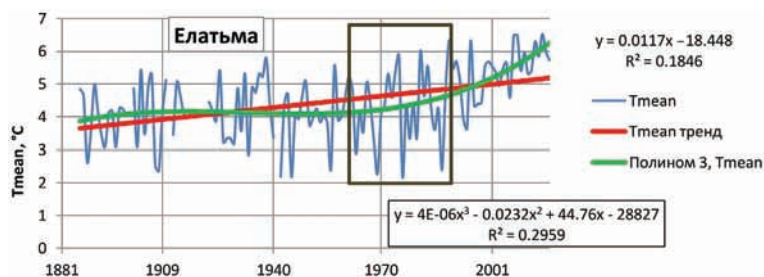


Рис. 4. Изменения среднегодовой температуры воздуха в Елатьме за весь период наблюдений (132 года). $\delta=1,17$ °C/100 лет. Выделен период с 1961 по 1990 год

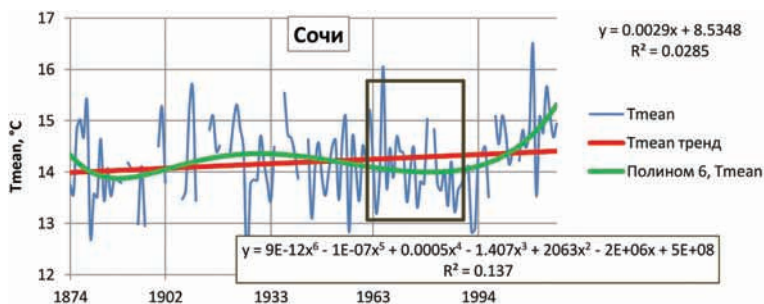


Рис. 5. Изменения среднегодовой температуры воздуха в Сочи за весь период наблюдений (144 года). $\delta=0,29$ °C/100 лет. Выделен период с 1961 по 1990 год

DTR от среднего (аномалии ΔDTR) за весь период наблюдений, который оказался короче, чем хронологический ряд измерений средней температуры воздуха. Это связано с тем, что измерения максимальных и минимальных температур на станциях начались позже на несколько лет из-за отсутствия соответствующих термометров. Кроме того, в начальный исторический период эти измерения проводились нерегулярно. Поэтому временные интервалы со значительными пропусками измерений были исключены из данного исследования.

В связи с этим хронологические ряды исследования DTR следующие: Архангельск – 105 лет; Елаьма – 98 лет; Сочи – 120 лет. Анализ изменения DTR за период наблюдений показывает, что в Северном и Южном регионах наблюдается положительный линейный тренд δDTR . В Центральном регионе такого тренда не отмечено (рис. 6 – 8). Полиномиальный анализ показывает

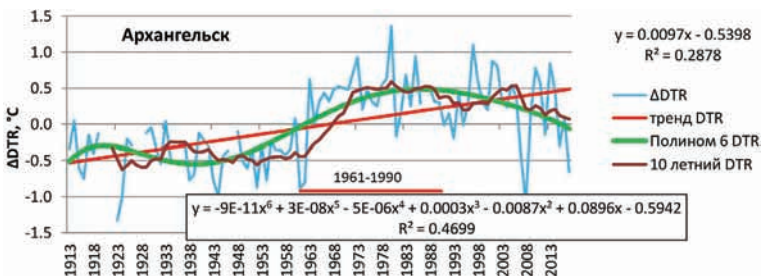


Рис. 6. Аномалии ΔDTR по станции Архангельск за период с 1913 по 2017 год. Период – 105 лет. $\delta = 0,97$ °C/100 лет.

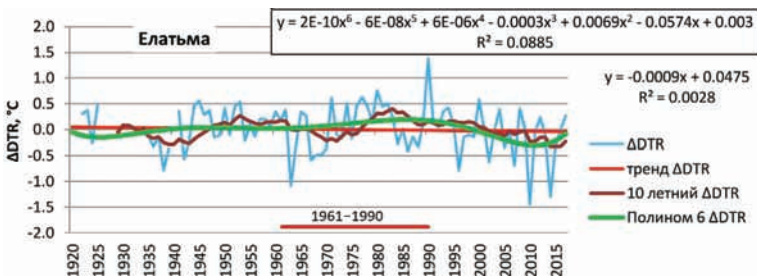


Рис. 7. Аномалии ΔDTR по станции Елаьма за период с 1920 по 2017 год. Период – 98 лет. $\delta = 0,09$ °C/100 лет.

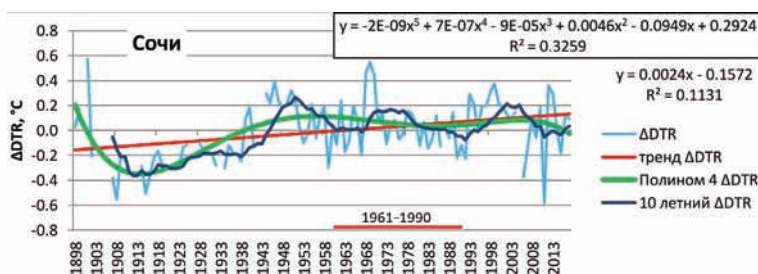


Рис. 8. Аномалии ΔDTR по станции Сочи за период с 1898 по 2017 год. Период – 120 лет. $\delta = 0,24$ °C/100 лет.

волнообразные изменения δDTR . В период примерно с двадцатых до шестидесятых-восьмидесятых годов двадцатого столетия наблюдается рост δDTR , а потом, к началу двадцать первого века, – снижение. Десятилетнее сглаживание всего ряда показало, что внутри крупной волны полинома имеются более мелкие волны с интервалом примерно 30 лет (на рис. 6 и 7 выделено красной линией).

Для сравнения изменений температуры в исследуемых районах анализ данных выполнен за одинаковый период с 1920 по 2017 год (98 лет), который исключает большие перерывы в наблюдениях (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты трендов параметров температуры за период с 1920 по 2017 год

Регион-Станция	$\delta T_{\max}$, °C/100лет	$\delta T_{\min}$, °C/100лет	δT_{mean} , °C/100лет	δDTR , °C/100лет
I-Архангельск	1,26	0,27	0,31	1,07
II-Елаьтама	2,33	2,43	1,79	-0,02
III-Сочи	0,76	0,55	0,40	0,15

Анализ характеристик температуры воздуха показывает (табл. 4), что наибольший коэффициент тренда наблюдается в центральной части ЕТР, где $\delta T_{\text{mean}} = 1,79$ °C/100 лет. На этой территории отмечено небольшое уменьшение разности экстремальных температур, $\delta DTR = -0,02$ °C/100 лет. Этот факт и сравнение изменения коэффициентов $\delta T_{\max}$ и $\delta T_{\min}$ говорят о том,

что минимальные температуры растут немного быстрее, чем максимальные, вследствие чего DTR уменьшается. В Северном и Южном регионах – картина противоположная, то есть скорость роста максимальных температур выше, чем минимальных.

Особенно это видно в Северном регионе, где $\delta T_{\max} = 1,26$ °C/100 лет и $\delta T_{\min} = 0,27$ °C/100 лет и за счёт этого увеличивается диапазон экстремальных значений ($\delta DTR = 1,07$ °C/100 лет), при этом скорость повышения среднегодовой температуры невелика ($0,31$ °C/100 лет).

Южный регион характеризуется данными станции Сочи, которая находится на восточном побережье Чёрного моря. С востока данную станцию ограждает Кавказский горный массив. Скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет $\delta T_{\text{mean}} = 0,40$ °C/100 лет. Разница между экстремальными температурами увеличивается за счёт роста максимальной температуры, где $\delta T_{\max} = 0,76$ °C/100 лет, а $\delta T_{\min} = 0,55$ °C/100 лет, при этом $\delta DTR = 0,15$ °C/100 лет.

Анализ характеристик температуры воздуха по репрезентативным станциям трёх регионов ЕТР за одинаковый хронологический период показал, что имеются различия в скорости их изменения. Это можно объяснить особенностями географического положения регионов и атмосферной циркуляцией. Как известно, параметры температуры в регионах, подверженных влиянию морских воздушных масс, меняются более медленно (Архангельск, Сочи). В центральной части континента (Елаьтама) скорость изменения среднегодовой температуры и диапазон экстремальных величин более значительны.

Заключение

Выполнен анализ изменений параметров температуры воздуха за весь период наблюдений, который охватывает хронологический ряд от 98 до 120 лет. Результаты исследований показали, что имеется положительная тенденция роста температуры воздуха и её экстремальных значений. Выявлены волнообразные движения роста характеристик температуры. В коротких временных рядах зафиксированы как положительные, так и отрицательные

тенденции изменения амплитуды экстремальных температур воздуха (DTR). Easterling et al. [6] исследовали ряды данных с 1950 по 1993 год и пролонгировали полученные параметры на 100 лет. Результаты исследований, представленные Razuvaev et al. [14] и Vose et al. [7], имеют временные ряды данных за 30 – 50 лет второй половины XX века, которые совпадают с короткими участками волн температурных характеристик на соответствующем временном интервале. Разница между экстремальными значениями температуры может как уменьшаться, так и увеличиваться на отдельных участках хронологического ряда. Это также подтверждено в работах Easterling et al. [6] и Vose et al. [7]. При оценке временного ряда около ста лет DTR практически не меняется, испытывая небольшие колебания в ту или другую сторону. Поэтому объяснить неоднозначность DTR в предыдущих исследованиях можно только тем, что в изучении этого феномена использовались короткие ряды данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karl R., Kukla G., Gavin J. Decreasing diurnal temperature range in the United States and Canada from 1941 through 1980 // J. Cim. Appl. Meteorol. 1984. Vol. 23. P. 1489 – 1504.
2. Plantico M. S., Karl T. R., Kukla G., Gavin J. Is the recent climate change across the United States related to rising levels of anthropogenic greenhouse gases? // JGR Atmospheres. 1990. Vol. 95, Issue D10P. P. 16617 – 16637.
3. Karl T. R., Kukla G., Razuvaev V. N., Changery M. J., Quayle R. G., Heim Jr. R. R., Easterling D. R., Cong Bin Fu. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change // Geophys. Res. Let. 1991. Vol. 18, Issue 12. P. 2253 – 2256.
4. Weber R. O., Talkner P., Stefanicki G. Asymmetric diurnal temperature change in the alpine region // Geophys. Res. Let. 1994. Vol. 21, Issue 8. P. 673 – 676.
5. Finaev A. F. Climatic Changes in the Mountain Glacier Area of Pamir // Ice Physics in the Natural Environment. (Eds. Wettlaufer/Dash/Untersteiner). NATO ASI Series I, Vol. 56. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 1999. P. 289 – 294.
6. Easterling D. R., Horton B., Jones P. D., Peterson T. C., Karl T. R., Parker D. E., Salinger M. J., Razuvaev V., Plummer N., Jamason P., Folland C. K. Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe // Science. 1997. Vol. 277. P. 364 – 367.

7. Vose R. S., Easterling D. R., Gleason B. Maximum and minimum temperature trends for the globe: an update through 2004 // *Geophys. Res. Let.* 2005. Vol. 32, Issue 23. L23822. 5 p.

8. Стерин А. М. О чувствительности оценок трендов температуры тропосферы и нижней стратосферы по данным радиозондирования. 1. Выбор массива данных, длины ряда и методов анализа // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 5. С. 21 – 36.

9. Braganza K., Karoly D. J., Arblaster J. M. Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century // *Geophys. Res. Let.* 2004. Vol. 31. L13217. Doi:10.1029/2004GL019998.

10. Sun Donglian, Pinker R. T., Kafatos M. Diurnal temperature range over the United States: A satellite view // *Geophys. Res. Let.* 2006. Vol. 33. L05705. Doi:10.1029/2005GL024780.

11. Луицкая И. О., Белая Н. И., Арбузов С. А. Климат Новосибирска и его изменения. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 224 с.

12. Waqas A., Athar H. Observed diurnal temperature range variations and its association with observed cloud cover in northern Pakistan // *International J. of Climatol.* 2018. Vol. 38, Issue 8. P. 3323 – 3336.

13. Sharifnezhadazizi Zahra , Norouzi H., Prakash S., Beale C.A., Khanbilvardi R. A Global Analysis of Land Surface Temperature Diurnal Cycle Using MODIS Observations // *J. of Appl. Meteorol. and Climatol.* 2019. Vol. 58(6). P. 1279 – 1291.

14. Razuvaev V. N., Apasova E. G. , Bulygina O. N. , Martuganov R. A. Variations in the diurnal temperature range in the European region of the former USSR during the cold season // *Atmos. Res.* 1995. Vol. 37. P. 45 – 51.

15. Научно-прикладной справочник «Климат России» 2018. ВНИИГМИ-МЦД // <<http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii>> .

16. HEC-DSSVue // Hydrologic Engineering Center- Data Storage System Visual Utility Engine. 2009. Vol. 2. < <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-dssvue/>> .

УДК 681.518:551.5

СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Л. И. Романенко¹, А. Ю. Згура²

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»

¹ lir@meteo.ru; ² isapfe@bk.ru

Введение

Разработка алгоритмов контроля качества (КК) данных наблюдений тесным образом связана с особенностями информации, спецификой и организацией её получения. Большинство таких алгоритмов выявляется в результате практической интуиции человека, статистического анализа данных, научных теоретических исследований [1 – 4].

В технологии сбора, обработки и накопления агрометеорологической информации программно-технологическим комплексом (ПТК) ARMAGRO выделяется несколько уровней получения, преобразования, накопления и использования данных наблюдений [5 – 7]. На первом уровне в наблюдательных пунктах осуществляется ввод данных из первоисточников в ПЭВМ, их автоматизированная первичная обработка, накапливается база первичных данных (БПД), формируются ежедневные оперативные телеграммы [5 – 7]. На втором – накопленные данные обобщаются по каждому пункту за декаду для получения декадных оперативных телеграмм, отчётных таблиц ТСХ, специализированных справок, бюллетеней, обеспечения запросов сторонних пользователей, формирования файлов экспорта [5 – 7]. На третьем – в ЦГМС в ПТК «АГРО-ЕЖЕГОДНИК» производится импорт из файлов экспорта, присланных из наблюдательных пунктов БПД, и создание БПД по территории определённого региона за сельскохозяйственный год для получения таблиц агрометеорологического ежегодника [8], а также передачи её в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Ошибки, допускаемые на стадии ввода в ПЭВМ и первичной обработки данных

наблюдений, приводят к потере или искажению информации, из которой формируются оперативные телеграммы, ежедекадные оперативные отчётные документы, а также база первичных данных. На основе базы первичных данных впоследствии создаются массивы для формирования регламентных режимных документов (ежегодники, справочники и др.), научных исследований, а также для пополнения Госфонда агрометеорологической информацией.

В технологии ПТК ARMAGRO заложены предпосылки создания поэтапного проведения контроля качества информации, обнаружение и устранение ошибок и сомнительных значений параметров на самой ранней стадии их появления, которые могут и должны быть выявлены и ликвидированы в рамках функционирования ПТК ARMAGRO и ПТК «АГРО-ЕЖЕГОДНИК». Они основываются на алгоритмах, которые разрабатываются создателями ПТК в процессе выявления и анализа ошибок в информации, возникающих на этапах внедрения и эксплуатации на наблюдательной сети Росгидромета, а также на небольшом количестве имеющихся в агрометеорологии методических документов по методам контроля [9 – 11]. Разработка сложных аналитических подходов [1 – 4] для обеспечения качества информации, которые необходимы для заключения о достоверности получения данных наблюдений, о соблюдении методик фиксирования данных, способов их анализа, является задачей более фундаментальных научных исследований в рамках целевой научной тематики с использованием методов, которые до настоящего времени в агрометеорологии не применялись.

В соответствии с выделенными уровнями получения и преобразования данных при построении автоматизированного контроля качества агрометеорологической информации в ПТК ARMAGRO предполагается несколько уровней контроля.

Уровень 1. Контроль на стадии ввод данных одного пункта в ПЭВМ, первичной обработки данных и импорта данных в смежные базы.

Уровень 2. Контроль на стадии получения таблиц ТСХ и декадных телеграмм.

Уровень 3. Контроль на стадии формирования базы первичных данных по территории региона в ПТК «АГРО-ЕЖЕГОДНИК» для получения агрометеорологического ежегодника.

В настоящее время в значительной степени реализован контроль 1-го уровня, а также контроль 2-го уровня на стадии формирования таблицы ТСХ-6м.

1. Контроль 1-го уровня

Среди способов автоматизированного контроля качества 1-го уровня можно выделить следующие:

- контроль соблюдения правил и порядка заполнения форм ввода для данных первичных наблюдений из полевых книжек КСХ-1м, КСХ-2м, КСХ-3 и таблиц ТСХ-4, ТСХ-5, которые регламентируются Наставлениями (РД 52.33.217-99) [12] и др.);
- контроль на предельные значения наблюдаемых параметров;
- контроль, основанный на логических связях между параметрами (логические способы контроля) [9, 11].

В основу контроля на предельные значения положен принцип практической невозможности маловероятных значений. Предельные значения устанавливаются заранее в результате исследований функций распределения контролируемых величин по результатам многолетних наблюдений за параметрами культур.

Для обнаружения резко выделяющихся значений в совокупностях данных применяются статистические критерии. Применение таких критериев основано на предположении о нормальном распределении членов выборки.

Контроль соблюдения правил и порядка заполнения форм ввода данных первичных наблюдений из полевых книжек КСХ-1м, КСХ-2м, КСХ-3 и таблиц ТСХ-4, ТСХ-5 осуществляет выявление ошибок, встречающихся при занесении информации в формы ввода данных. При выявлении ошибки выдаётся сообщение специалисту для критического анализа и принятия решения о внесении исправлений, а также предлагаются рекомендации по их устранению или процедура по автоматизированному внесению исправлений.

На этом уровне используется простой последовательный подход в алгоритмах выявления ошибок.

1.1. Первый тип ошибок

В связи с сезонностью жизнедеятельности сельскохозяйственных объектов и, следовательно, в проведении за ними наблюдений, обработке и обобщении данных в отчётной документации в агрометеорологии используется понятие сельскохозяйственный год, который охватывает два смежных года. Он составляет период с августа по декабрь предыдущего года и с января по декабрь обрабатываемого (основного) года. В период с августа по декабрь проводятся наблюдения за проведением посева озимых культур, их развитием, а также погодными условиями их произрастания до прекращения вегетации на зимний период. Наставлением [12] предусмотрена компоновка и запись данных наблюдений периода август – декабрь первого года, входящего в сельскохозяйственный год, в формы ввода основного года.

Это значит, что результаты фенологических наблюдений, наблюдений за высотой, густотой стояния растений, оценкой состояния озимых зерновых культур от посева до прекращения вегетации (осенью предыдущего года) должны быть занесены в формы ввода 108, 109, 111, 116 основного года, в который происходит развитие растений от возобновления вегетации до уборки.

Точно так же данные наблюдений на сельскохозяйственных угодьях за температурой почвы, глубиной промерзания и оттаивания почвы и снежным покровом (снегомерных съёмок) за весь осенне-зимне-весенний период должны быть занесены в формы ввода 201 – 225 года зимне-весеннего периода.

Ошибки заключаются в том, что наблюдатель заносит данные наблюдений с августа по декабрь первого года в формы ввода года посева культуры, а в основном году роста, развития и уборки культуры формирует новые формы ввода для занесения данных наблюдений только весенне-летнего периода. Использование такой информации на втором и третьем этапах обработки приведёт либо к потере значительного количества данных наблюдений, либо к разработке достаточно трудоёмких методов их поиска и

совмещения (по культурам, наблюдательным участкам, срокам посева и проведения наблюдений, особенностям возделывания и другим ключевым параметрам).

В процессе проведения контроля форм ввода 108, 109, 111, 116 производится проверка дат регистрации заносимых данных наблюдений. В том случае, когда в дате посева культуры месяц 09 – 12 и год совпадает с годом настройки, появляется сообщение о том, что для занесения данной информации следует сделать настройку на следующий год, где создать нужную форму ввода и вводить данные наблюдений. При этом предлагается процедуру настройки и перенос в следующий год формируемой формы ввода произвести автоматически. При выборе опции «Да» автоматически производится настройка на следующий год, куда переносится формируемая форма ввода. На рис. 1 приведён пример сообщения, появляющегося при контроле формы ввода 108 в случае неверного занесения информации. На рис. 2 приведены примеры сообщений, появляющихся при контроле форм ввода 109 и 111.

В процессе проведения контроля форм ввода 201, 202 и 203 производится проверка дат проведения наблюдений за температурой на глубине узла кущения озимых культур и многолетних трав, за глубиной промерзания и оттаивания почвы. В процессе проведения контроля форм ввода 206, 207, 210, 211 производится проверка дат проведения снегомерных съёмок. Если в дате месяц 09 – 12 и год совпадает с годом настройки, появляется сообщение, одно из которых представлено на рис. 3.

В процессе проведения контроля форм ввода 205, 209, 213, 225 производится проверка дат проведения наблюдений, заносимых в ключевых параметрах в процессе формирования формы ввода. Если в дате месяц 09 – 12 и год совпадает с годом настройки, выдаётся сообщение: «Неверна дата определения. Данные снегомерных съёмок за весь осенне-зимне-весенний период должны быть занесены в год зимне-весеннего периода. Сейчас на закладке «Настройка» выбран NNNN год. Перейдите на закладку «Настройка» и выберите NNNN+1 год». Тогда эту форму можно будет создать. На рис. 4 пример сообщения, появляющегося при формировании формы ввода 225.

108 форма [Фаза развития, оценка состояния, зрелость]: Рожь озимая; Участок: 88; КК: 1

Дата	Оценки состояния балл	Засоры	Фаза развития			Колич. растений, всходы					Примечание(причина снижения оценки и др.)
			Шифр	Охват фазой	Наименование	1-й	2-й	3-й	4-й		
04.09.2018			10		посев						

Вопрос

Фаза развития озимых культур от посева до уборки должны быть занесены в одной форме ввода 108. Осенью текущего года нужно сделать настройку на следующий год, создать в следующем году форму 108 и занести в нее данные. Перенос на следующий год формы 108, которую Вы пытаетесь создать, можно сделать сейчас автоматически. При этом также считается год на закладке "Настройка". Перенести эту форму на следующий год?

Да Нет

Рис. 1. Попытка создать форму ввода 108 для озимой ржи в год посева

Вопрос

Данные наблюдений за высотой озимых культур от посева до уборки должны быть занесены в год их основного периода вегетации. Перенос на следующий год формы 109, которую Вы пытаетесь создать, можно сделать сейчас автоматически. При этом также считается год на закладке "Настройка". Перенести эту форму на следующий год?

Да Нет

Вопрос

Данные наблюдений за густотой озимых культур от посева до уборки должны быть занесены в одной форме ввода 111 в год их основного периода вегетации. Перенос на следующий год формы 111, которую Вы пытаетесь создать, можно сделать сейчас автоматически. При этом также считается год на закладке "Настройка". Перенести эту форму на следующий год?

Да Нет

Рис. 2. Сообщения об ошибках занесения данных в формы ввода 109, 111

201 форма [Экстрем. темпер. гл. узла куч, озимых, корни, шейка трав]: Ячмень озимый; Участок: 85; Пр

Дата	Время наблюдений	Температура, °C			Снежный покров	
		Максимальная	Минимальная	Срочная	Высота	Характер за
10.10.2018						

Вопрос

Наблюдения за температурой почвы на зимующих культурах и негосподствующие за весь осенне-зимне-весенний период должны быть занесены в одной форме ввода 201. Осенью текущего года нужно сделать настройку на следующий год, создать в следующем году форму 201 и занести в нее данные. Перенос на следующий год формы 201, которую Вы пытаетесь создать, можно сделать сейчас автоматически. При этом также считается год на закладке "Настройка". Перенести эту форму на следующий год?

Да Нет

Рис. 3. Сообщение об ошибке при формировании формы ввода 201

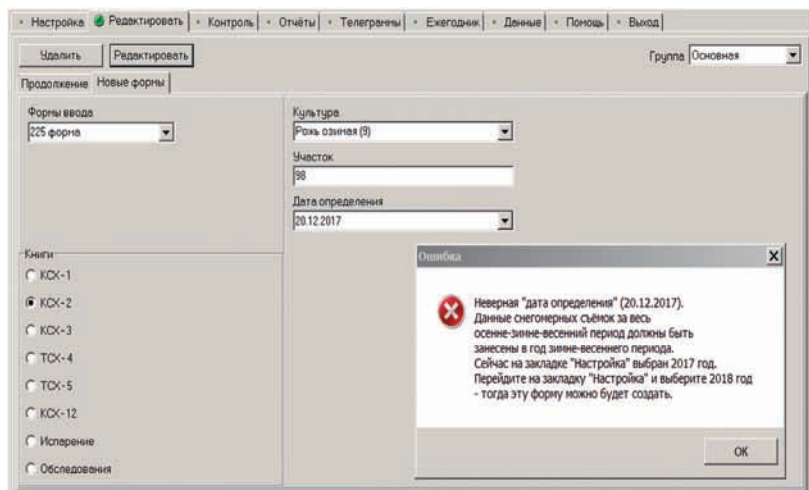


Рис. 4. Сообщение об ошибке при формировании формы ввода 225

1.2. Второй тип ошибок

Ошибки в пропуске данных в полях форм ввода, требующих обязательного заполнения. Это поля, в которых размещаются даты проведения наблюдений, ключевые параметры с информацией о типах и видах, размещаемых в форме ввода данных, конечные результаты расчётов и др. Этот тип ошибок приводит либо к потере значительного количества данных, либо к их искажению (неверной интерпретации). Это относится к множеству агрометеорологических параметров по всем видам сельскохозяйственных культур и природных кормовых угодий: способам определения высоты растений, параметрам, характеризующим густоту стояния растений, стеблестоя, элементам продуктивности, параметрам структуры урожая и многим другим. Ниже приводятся четыре вида таких ошибок. На рис. 5 – сообщение о том, что не заполнен параметр, определяющий способ измерения высоты растений; на рис. 6 – не заполнено значение рассчитываемого параметра; на рис. 7 – отсутствует дата проведения наблюдений и ошибка в выборе шифра элемента учёта.

109 форма [Высота растений, длина колоса и др. параметры]: Пшеница озимая; Участок: 121; КК: 1

Дата измерения	Параметр, способ измерения	Шифр
02.07.2017	Длина колоса без остей, метелки	04
24.07.2017	Высота растений до верхушки колоса, метелки, верш	03
31.07.2017		

Предупреждение:

Строка 106:
Поля 1 (дата измер.) и 2 (наимен. параметра) не могут быть пустыми. Заполните эти поля.

OK

среди	1	100	104	102	101	97
2	117	109	90	83	102	
3	85	96	79	104	77	
4	93	108	94	94	114	
средн	97					
1	98	110	108	97	88	

Рис. 5. Сообщение о необходимости заполнить способ определения параметра

111 форма [Густота стояния сельскохозяйственных культур]: Пшеница озимая; Участок: 97; Способ посева: 1

Дата определения	Элемент учета	Шифр	Количество гнезд, кустов, растений или ст.				Суммарн. значения	Средне-рядовые значения	Примечание	
			Значен. на единицу	Повторность	2-я	3-я				4-я
14.06.2017	Общее количество растений (кустов) на 1 м²	01	300,0	87	79	76	58	300	75	3-й лист 75%
30.06.2017	Количество всех стеблей	02	119	118	140	117	494	123,5		попадание Н.У.С. 75%
22.07.2017			330,0	79	91	85	75	330	82,5	копашение 80%
22.07.2017			282,0	62	80	75	65	282	70,5	
10.08.2017			330,0	79	91	85	75	330	82,5	молочная спелость 75%
10.08.2017			327,0	79	91	82	75	327	81,8	
02.09.2017			327,0	79	91	82	75	327	81,8	восковая спелость 100

Предупреждение:

Строка 2:
Поля 1 (дата), 2 (наимен. элемента учета) и 4 (знач. на единицу...) не могут быть пустыми. Заполните эти поля.

OK

Рис. 6. Сообщение о необходимости произвести расчёт параметра

123 форма [Элементы продуктивности, структура урожая винограда]: Виноград; Участок: 122; Кол-во кустов на 1 га: 3018

Дата	Элемент продуктивности	Шифр	средн. номер куста	Значение элемента продуктивности или показателя структуры урожая																				
				знач.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
26.04.2018	Количество учетных кустов	20	20,00	20																				
26.04.2018	Нагрузка виноградного куста глазками	27	20,00	21	21	19	18	23	18	19	18	21	22	20	22	20	19	21	18	19	21	21	19	
10.05.2018	Общее количество развившихся побегов	28	18,00	16	18	17	17	19	18	17	18	16	18	20	21	19	18	19	20	16	15			
10.05.2018			86,00	86																				
10.05.2018	Количество развившихся побегов с соцветиями	29	17,00	18	19	15	17	17	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16
10.05.2018	Кол-во развивших побегов с соц. % от кол-ва развивших поб.	26	94,00	94																				

Предупреждение:

Строка 4:
Поля 1 (дата), 2 (наимен.) и 4 (сред. знач.) не могут быть пустыми. Заполните эти поля.

OK

Рис. 7. Сообщение об ошибке при заполнении полей 1 и 2 формы ввода 123

1.3. Третий тип ошибок

Третий тип – ошибки, связанные с отступлением от правил заполнения информации, определённых в Наставлении [12]. Ниже приведены два вида таких ошибок. Например, недопустимо заносить наименование фазы развития «н ф н» между датами регистрации определённой фазы у ≥ 10 % растений и регистрации её у ≥ 75 % растений (см. рис. 8). В результате информация вовремя не будет включена в документы декадной отчётности (декадная телеграмма и таблица ТСХ-1м).

После регистрации наступления фазы развития у ≥ 75 % растений, согласно Наставлению, подсчёт вступивших в фазу развития растений прекращается и не следует заполнять поля 5 и 7 – 10 (см. рис. 9).

108 форма [Фаза развития, оценка состояния, засорённость]: Плевница яровая; Участок: 025; КК: 1

Дата	Оценк состо: балл	Засор:	Фаза развития		Примечание(причина снижения оценки и др.)
			Шифр фазой	Наименование	
02.06.2017		1	03	30 кушение	
04.06.2017		1		н ф н	
06.06.2017		2		н ф н	
08.06.2017		2		н ф н	
08.06.2017		2	04	20 выход в трубку	
10.06.2017	4	2	04	60 выход в трубку	
10.06.2017	4	2		н ф н	
12.06.2017		2		н ф н	
12.06.2017		2	04	90 выход в трубку	

Предупреждение

Фаза "выход в трубку" (шифр 4, охват 90) разделена фазами без шифра ("н ф н" и др.) или пустыми строками, что недопустимо.

После того, как фаза "выход в трубку" отмечена первый раз (например, охват < 50%) и до того, как она отмечена последний раз (охват >= 50%), нельзя указывать "н ф н" - нужно указывать все ту же фазу "выход в трубку" и охват этой фазой. Удалите строку(и) с лишними копиями этой фазы.

OK

Рис. 8. Сообщение о неверном заполнении фазы развития растений

108 форма [Фаза развития, оценка состояния, засорённость]: Плевница озимая; Участок: 121; КК: 1

Дата	Оценк состо: балл	Засор:	Фаза развития		Колич. растений, вступ.				Примечание(причина снижения оценки и др.)
			Шифр фазой	Наименование	1-й	2-й	3-й	4-й	
31.08.2016	4	0		н ф н					
02.09.2016		0		н ф н					
04.09.2016		0		н ф н					
06.09.2016		0	13	13 3-й лист					
08.09.2016		0	13	48 3-й лист					
10.09.2016	4/4	0	13	80 3-й лист					
10.09.2016	4/4	0	03	10 кушение					
12.09.2016		0	03	38 кушение					
12.09.2016	4/4	0	02	образова					
14.09.2016	4/3	0	03	60 кушение					
16.09.2016			03	75 кушение					
20.09.2016	4/4	0		100 н ф н					

Вопрос

Строка 17: Если поле 4 пустое (т.е., шифра фазы нет), то поля 5 (охват фазой) и 7-10 (кол-во растений, вступ. в фазу в повторн.) должны быть пустыми. Очистить неверные поля?

Да Нет

Рис. 9. Сообщение об ошибке заполнения полей 7 – 10

1.4. Четвёртый тип ошибок

Ошибки выявляются на логических связях между параметрами. В приведённом на рис. 10 случае не может быть проведён расчёт запасов влаги в почве и включение данных в таблицу ТСХ-6м и базу первичных данных. При указанной в сообщении на рис. 11 ошибке в зону 95 декадной телеграммы и в раздел 7 таблицы ТСХ-1м будет занесена неверная информация.

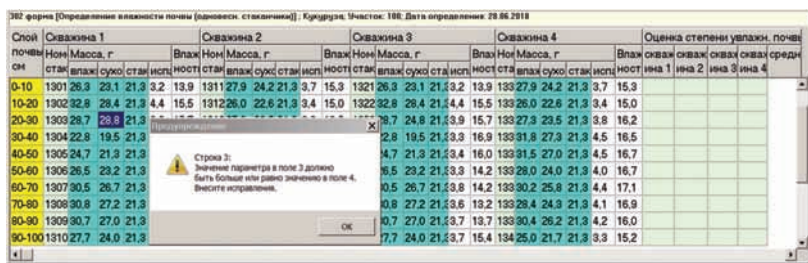


Рис. 10. Сообщение о несоответствии значений параметров в указанных ячейках

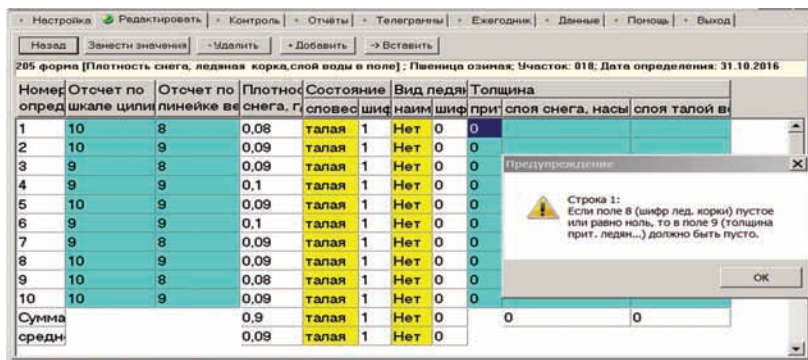


Рис. 11. При шифре, равном 0 в поле 8, поле 9 должно оставаться не заполненным

1.5. Пятый тип ошибок

Для выявления пятого вида ошибок используется синтаксический контроль, обеспечивающий выявление грубых ошибок, связанных с нарушением кодовой и форматной структуры файлов экспорта данных БПД.

В результате диагностики файлов экспорта выдаются сообщения об ошибках синтаксиса в описании полей форм ввода данных или сервисных таблиц базы (рис. 12).

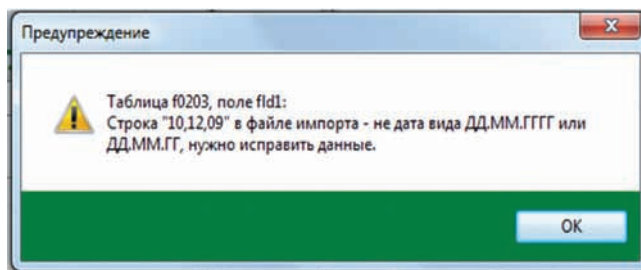


Рис. 12. Сообщение об ошибке в импортируемой информации

1.6. Шестой тип ошибок

Для обнаружения резко выделяющихся значений используется алгоритм, который сводится к сравнению вводимого значения параметра с критическими значениями. Критические значения – максимальные и минимальные предельные значения параметра, имеющие 95 %-ную вероятность. Список предельных значений занесён в поля `l_min` и `l_max` таблицы `condition` базы первичных данных `local.mdb` (рис. 13). Поскольку грубые измерения «вдуваются» естественными экстремальными значениями, это осложняет построение формальных процедур фильтрации ошибочных данных и автоматического принятия решения о качестве результатов измерений. Поэтому при контроле параметров на максимальные и минимальные предельные значения выдаётся сообщение о **сомнительности** значения параметра (рис. 14). Нужно щёлкнуть по команде «ОК», снова войти в ячейку и занести верное значение параметра или же оставить введённое, если на самом деле зарегистрировано значение параметра, которое не входит в диапазон граничных значений. Это позволяет избежать потери правильных значений, признанных при проведении данного вида контроля ошибочными.

В общей сложности контролем первого уровня проводится анализ и контроль качества более 200 параметров.

Предупреждение системы безопасности: Часть содержимого базы данных отключено

id	idblank	typ	l_min	l_max	valti	k_fl	col	lin
380	205 форма	0	0	100	0	0	10	
381	205 форма	0	0	90	0	0	11	
191	206 форма	0	1	300	0	0	2	
192	206 форма	0	2	300	0	0	3	
193	206 форма	0	0	300	0	0	4	
194	206 форма	0	1	100	0	0	5	
195	206 форма	0	1	90	0	0	6	
196	206 форма	0	1	50	0	0	7	
197	206 форма	0	1	30	0	0	8	
198	206 форма	0	2	500	0	0	9	
199	206 форма	0	1	80	0	0	10	
200	206 форма	0	10	150	0	0	11	
201	206 форма	0	10	100	0	0	12	
202	206 форма	0	10	500	0	0	13	
203	206 форма	0	0	10	0	0	14	
204	206 форма	0	0	10	0	0	15	
205	206 форма	1			17	0	16	
222	207 форма	0	0		0	0	0	
206	207 форма	0	0	100	0	0	2	
207	207 форма	0	0	100	0	0	3	
208	207 форма	0	0	100	0	0	4	
209	207 форма	0	0	100	0	0	5	
210	207 форма	0	0	100	0	0	6	
211	207 форма	0	0	100	0	0	7	

Рис. 13. Фрагмент таблицы базы первичных данных condition

108 форма [Фаза развития, оценка состояния, засоренность] : Пшеница озимая: Участок: 17: КК: 1

Дата	Оце сост бал	Зас	Фаза развития		Наименование	Кол-во растений				При сни оце
			Шиф	Охв фаз		1-я	2-я	3-я	4-я	
06.10.2009					н ф н					
08.10.2009			03	10	кущение					
10.10.2009	4		03	50	кущение					
12.10.2009			03	75	кущение					
14.10.2009					н ф н					
16.10.2009					н ф н					
18.10.2009					н ф н					
20.10.2009	4		17		прекращение вегета					
14.04.2010	3		18		возобновление веге					
16.04.2010					н ф н					
18.04.2010					н ф н					
20.04.2010	4		04	20	выход в трубку					
22.04.2010			04	65	выход в трубку					
24.04.2010			04	75	выход в трубку	12				
26.04.2010					н ф н					

Предупреждение: Значение должно быть от 0 до 10!

Рис. 14. Сообщение о сомнительности в значении параметра

2. Уровень 2. Контроль на стадии получения таблицы ТСХ-6м

Среди алгоритмов второго уровня значительное место занимают алгоритмы, разработанные в результате теоретических исследований.

К алгоритмам, разработанным в результате теоретических исследований, относится контроль влажности почвы, разработанный в ФГБУ «ВНИИСХМ» (РД 52.33.559–2010 [11]), использующий комплексный подход в алгоритме принятия решения о достоверности значений параметров.

В ПТК ARMAGRO в головном программном модуле station.exe разработан блок, осуществляющий многоступенчатый контроль параметров влажности почвы [6] по методике РД 52.33.559–2010 [11]. Блок обеспечивает:

а) проверку данных на соответствие критериям допустимых значений влажности почвы в соответствии с шифром зонального типа почвы и корректировку в случае несоответствия допустимым предельным значениям;

б) восстановление недостающих (пропусков) данных влажности почвы (рис. 15);

Рис. 15. Форма ввода 304 в процессе проведения контроля

в) проверку данных на соответствие доверительным интервалам естественной изменчивости влажности почвы и выбраковку данных при значениях, не входящих в амплитуду доверительного интервала;

г) расчёт верхней и нижней границ доверительного интервала и замену выбракованных данных значениями, лежащими за границей интервала (рис. 15);

д) сохранение исходных данных, и сведения о том, какие из исходных данных выбракованы и заменены критериями контроля, а также восстановлены в случае пропусков в данных наблюдений (рис. 15).

Заключение

Рассмотрены средства контроля качества данных агрометеорологических наблюдений на этапе ввода, первичной обработки и накопления данных в БПД.

Представленные средства контроля 1-го уровня и контроля 2-го уровня для параметров влажности почвы обеспечивают достаточно надёжное качество на первом уровне сбора и преобразования информации при создании базы первичных данных агрометеорологических наблюдений.

В проведении наблюдений, фиксировании значений параметров, их записи в полевые книжки присутствует вероятность субъективной оценки значений наблюдаемых параметров. Необходима разработка методов контроля качества информации, которые должны выявлять ошибки и недочёты в непосредственном проведении наблюдений, определить и обеспечить репрезентативность накапливаемых в базе данных.

Необходима также разработка методов и алгоритмов контроля качества исторических наборов агрометеорологической информации.

Задача разработки следующих этапов контроля качества информации – обеспечение достоверности и качества данных, предусматривающее научные разработки алгоритмов и методов смыслового, пространственного и временного контроля качества агрометеорологической информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронцов А. А., Степаненко С. Р.* О едином подходе к решению задач оценки качества архивов, изменения климата и обслуживания потребителей данными // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 152 – 161.
2. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Принципы контроля качества гидрометеорологической информации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 119 – 135.
3. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Сравнение результатов последовательного и комплексного контроля качества данных зондирования атмосферы // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 73 – 87.
4. *Давлетшин С. Г.* Поиск и удаление ошибок преобразования формата в выборках СУД АИСОРИ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 159 – 171.
5. *Пуголовкин В. В., Романенко Л. И.* Автоматизированное рабочее место агрометеоролога-наблюдателя (АРМ агрометеоролога) // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 102 – 106.
6. *Романенко Л. И., Пуголовкин В. В., Смирнов Д. В., Згура А. Ю.* АРМ агрометеоролога-наблюдателя. Методические и программно-технологические решения // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2007. Вып. 36. С. 350 – 362.
7. *Романенко Л. И.* Состояние разработок и внедрений автоматизированных систем сбора, обработки и накопления агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2010. Вып. 37. С. 228 – 243.
8. *Романенко Л. И., Сомова С. М., Згура А. Ю.* Развитие и внедрение автоматизированных технологий сбора и обработки режимной агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2013. Вып. 38. С. 357 – 366.
9. *Расчёт критериев первичного контроля данных агрометеорологических наблюдений (методическое пособие).* Обнинск, 1973. 26 с.
10. *Методическое пособие по контролю наблюдений за фазами развития сельскохозяйственных культур.* СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 94 с.
11. *РД 52.33.559–2010.* Контроль данных влажности почвы. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. 15 с.
12. *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам.* Вып. 11, часть 1, книги 1 и 2. М.: Росгидромет, 2000. 650 с.

УДК 551.510.522

ПОВТОРЯЕМОСТЬ ИНВЕРСИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ НА АЭРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ САЛЕХАРД

Л. Ф. Козлова¹, А. В. Хохлова²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»*

¹ kozlovalida@meteo.ru; ² anna_x@meteo.ru

Введение

В результате активной хозяйственной деятельности человека в атмосферу поступает значительное количество загрязняющих веществ. Наиболее заметные изменения качества атмосферного воздуха наблюдаются в крупных населённых пунктах. Резкое увеличение концентрации вредных выбросов возникает в период создания неблагоприятных метеорологических условий. Таким неблагоприятным условием является инверсия температуры. Представляя собой задерживающий слой тёплого воздуха, инверсия препятствует рассеиванию примесей в атмосфере и способствует тем самым загрязнению пограничного слоя атмосферы.

Характеристики инверсий используются в качестве основных показателей в методах прогноза неблагоприятных метеорологических условий для рассеивания примесей, а также для расчёта потенциала загрязнения.

Проектные расчёты для объектов, потенциально загрязняющих окружающую среду, всегда выполняются с учётом климатических характеристик стратификации атмосферы, в том числе температурных инверсий.

Различные климатические характеристики условий распространения примесей, включая инверсии температуры (по данным аэрологических наблюдений за 1959 – 1968 гг.), приведены в [1].

В условиях изменяющегося климата и изменяющихся условий на подстилающей поверхности меняются и условия для формирования температурных инверсий. Наличие в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

многолетнего обновляемого глобального архива данных радиозондирования атмосферы даёт возможность создать справочный каталог данных по характеристикам температурных инверсий на основе самых последних данных.

Настоящая работа является продолжением цикла работ, связанных с анализом инверсий температуры [2 – 5] и очередной ступенью на пути к созданию такого каталога климатических данных. В статье рассмотрены характеристики повторяемости приземных и приподнятых инверсий по результатам наблюдений на аэрологической станции Салехард за последние сорок лет. По данным Росгидромета [6], с 2013 года Салехард входит в перечень городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном и формальдегидом. В этой связи выбор станции обусловлен близостью к региону, где для оценки распространения возможных загрязнений знание характеристик пограничного слоя атмосферы является особенно актуальным. Также проведено сравнение полученных характеристик с аналогичными справочными данными за более ранний период [1].

1. Данные и обработка

Оценка повторяемости температурных инверсий выполнена на основе массива многолетних данных радиозондирования АЭРОСТАС [7]. Каждый файл массива содержит данные, поступившие за месяц по глобальной сети аэрологических станций. В процессе формирования архивных файлов данные проходят процедуру комплексного контроля качества [8].

Исследование повторяемости температурных инверсий проведено для станции Салехард за период 1978 – 2018 гг. Для определения повторяемости инверсий и анализа её характеристик были использованы специальные программные средства, разработанные ранее в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [2].

Инверсия температуры идентифицировалась по характеру вертикального температурного градиента, отрицательного в случае наличия инверсионного слоя [1].

В настоящей работе в число инверсий включалась также изотермия как частный случай инверсии с нулевой интенсивностью.

Если при одном подъёме радиозонда фиксировалось несколько слоёв с инверсией и изотермией, то учитывался только один, самый нижний слой инверсии. Если за слоем инверсии следовал слой изотермии, то оба слоя рассматривались как один слой.

Повторяемость инверсий рассчитывалась в процентах от общего числа радиозондовых наблюдений. Методика расчёта аналогична методике, применяемой в более ранних исследованиях [1 – 5].

2. Повторяемость приземных температурных инверсий

Повторяемость приземных инверсий (табл. 1) представлена средними значениями в годовом ходе за отдельные сроки и в среднем за сутки. Сроки в таблицах даны по Всемирному скоординированному времени (00 и 12 ч). Рядом в скобках указано местное время суток, к которому относится данный срок. К утреннему сроку отнесён период 6–11 ч местного среднего солнечного времени, к вечернему – 18–23 ч.

Таблица 1

Повторяемость (%) приземных инверсий по данным станции Салехард за период 1978 – 2018 гг.

Срок, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
00 (утро)	71,04	75,24	71,76	66,72	46,92	38,16	49,68	53,88	48,96	45,72	58,68	66,36
12 (вечер)	69,60	67,80	43,44	22,68	13,32	9,24	7,44	6,36	10,08	23,28	57,36	66,36
Сутки	66,84	72,12	75,24	58,08	48,72	37,2	46,68	41,28	49,2	41,52	62,16	68,16

Особенности годовых изменений повторяемости приземных инверсий в сравнении со справочными данными более ранних лет по срокам 00, 12 ч и за сутки показаны на рис. 1, 2 и 3 соответственно. Кривые годового хода повторяемости приземных инверсий имеют схожие очертания с кривыми годового хода аналогичной характеристики, построенными по данным справочника [1]. В справочном пособии представлен обширный табличный материал об инверсиях температуры по результатам наблюдений на аэрологических станциях.

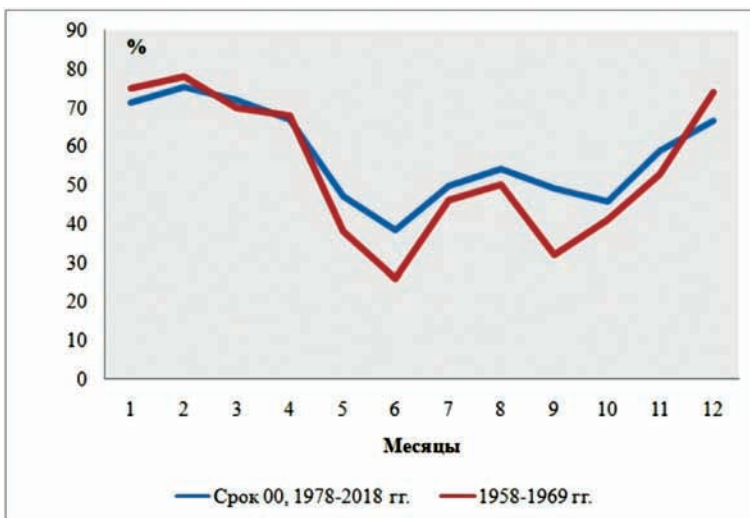


Рис. 1. Годовой ход многолетних средних значений повторяемости приземных инверсий для станции Салехард за срок 00 ч

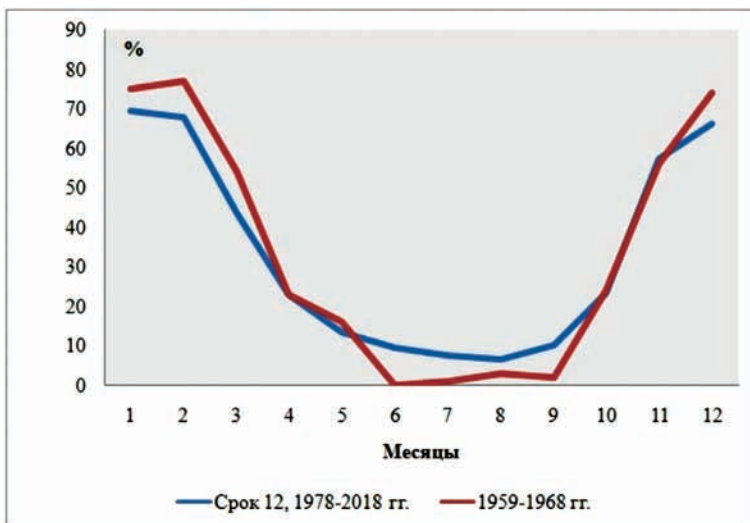


Рис. 2. Годовой ход многолетних средних значений повторяемости приземных инверсий для станции Салехард за срок 12 ч

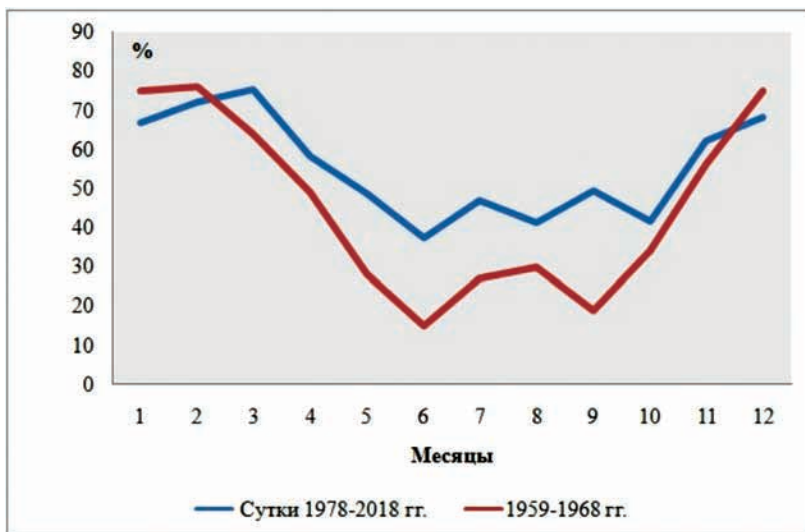


Рис. 3. Годовой ход среднесуточной повторяемости приземных инверсий для станции Салехард

Значения повторяемости приземных инверсий для станции Салехард по сроку 00 ч достаточно высоки, варьируются в течение года от 35 до 75 %, достигая максимальных значений в зимние месяцы (максимум – в феврале). Полученные результаты повторяемости приземных инверсий в утренние часы за период с мая по ноябрь в среднем на 8 % выше представленных в справочнике. В зимние месяцы, напротив, получены в среднем на 4 % более низкие значения повторяемости приземных инверсий в утренние часы по сравнению с результатами исследований прошлых лет.

Аналогично по сроку 12 ч значения повторяемости приземных инверсий варьируются в течение года от 6 до 70 %, достигая минимальных значений в летние месяцы (в августе). В летне-осенний период получены более высокие значения повторяемости приземных инверсий (вечерних) в среднем на 6 %, в то время как в холодные месяцы, напротив, значения повторяемости на 6 % ниже значений, приводимых в справочнике [1] по станции Салехард.

Если сравнивать средние значения повторяемости в годовом ходе приземных инверсий в среднем за сутки с результатами

справочника, то можно отметить увеличение значений исследуемой величины, начиная с марта по ноябрь в среднем на 15 %. В зимние месяцы наблюдается уменьшение числа случаев приземных инверсий в среднем на 6 %.

Полученные значения повторяемости приземных инверсий хорошо согласуются с данными справочника [1], однако стоит отметить некоторое снижение повторяемости в зимний период как в утренние, так и вечерние часы. Также обнаруживается заметное увеличение числа случаев приземных инверсий в тёплый период, по сравнению с результатами аналогичных исследований 1959 – 1968 гг.

На рис. 4 приводится временной ход многолетних средних значений повторяемости приземных инверсий.

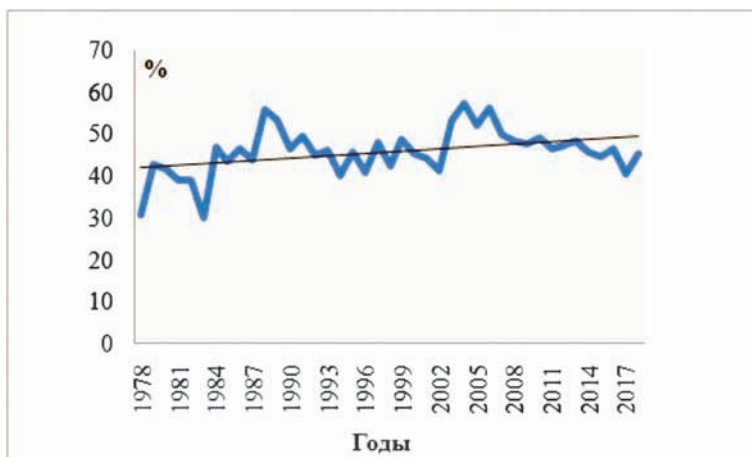


Рис. 4. Среднегодовая повторяемость приземных инверсий (временной ход) для станции Салехард

3. Повторяемость приподнятых температурных инверсий

В табл. 2 приводится повторяемость приподнятых инверсий для станции Салехард. Она дана в процентах от числа наблюдений для пяти градаций нижней границы приподнятых инверсий: 0,01 – 0,25; 0,26 – 0,50; 0,51 – 1,00; 1,01 – 2,00; 0,01 – 2,00 км.

Таблица 2

**Повторяемость (%) приподнятых инверсий по станции Салехард
за период 1978 – 2018 гг.**

Срок	00 ч (утро)											
Градации нижней границы, км	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,01 – 0,25	13,32	11,16	10,08	9,84	8,76	9,60	8,40	6,72	6,72	8,64	14,64	15
0,26 – 0,50	5,04	4,08	3,96	4,68	7,68	8,76	6,72	4,32	3,24	5,88	7,44	6,72
0,51 – 1,00	4,08	2,88	2,64	3,60	10,32	10,32	6,24	5,16	6,84	8,16	6,60	4,56
1,01 – 2,00	1,44	1,44	2,76	3,60	11,88	12,60	8,16	6,60	10,32	10,92	2,88	2,64
0,01 – 2,00	23,88	19,68	19,80	21,96	38,76	42,00	29,76	23,16	27,84	33,72	31,80	28,92
Срок	12 ч (вечер)											
Градации нижней границы, км	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,01 – 0,25	14,40	14,40	16,08	9,48	5,52	2,16	2,64	1,56	1,80	7,44	14,64	15,48
0,26 – 0,50	5,76	5,04	8,88	12,84	6,12	4,56	3,72	2,76	3,6	8,28	9,96	6,6
0,51 – 1,00	4,32	4,20	8,76	15,12	17,52	11,76	7,68	8,40	12,12	14,16	5,64	5,04
1,01 – 2,00	1,80	1,92	6,84	13,44	25,68	23,04	22,20	23,28	24,24	17,04	3,72	2,04
0,01 – 2,00	26,52	25,80	41,04	51,36	54,96	41,52	36,48	36,96	41,76	47,64	34,44	29,4
Срок	Сутки											
Градации нижней границы, км	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,01 – 0,25	14,4	13,2	13,2	11,04	7,68	5,64	5,52	4,44	4,68	8,52	14,4	15,12
0,26 – 0,50	5,4	4,68	6,24	8,88	7,44	6,96	6,00	4,20	3,72	7,20	8,52	6,6
0,51 – 1,00	4,08	3,36	5,4	8,76	13,32	11,88	7,08	6,72	9,24	11,04	5,88	4,68
1,01 – 2,00	1,8	1,8	4,56	8,04	18,84	18,6	15,6	15,12	16,8	13,8	3,6	2,28
0,01 – 2,00	25,8	23,04	29,64	37,20	47,28	43,32	34,56	31,20	34,80	41,04	32,76	28,8

Особенности годовых изменений повторяемости приподнятых инверсий в сравнении с результатами справочника [1] показаны на рис. 5. Кривые годового хода повторяемости приподнятых инверсий имеют схожие очертания с кривыми годового хода аналогичной характеристики, построенными по данным справочника.

Сезонные изменения повторяемости приподнятых инверсий в слое 0,01 – 2 км выражены довольно чётко. Максимальные значения повторяемости приподнятых инверсий по сроку 00 ч

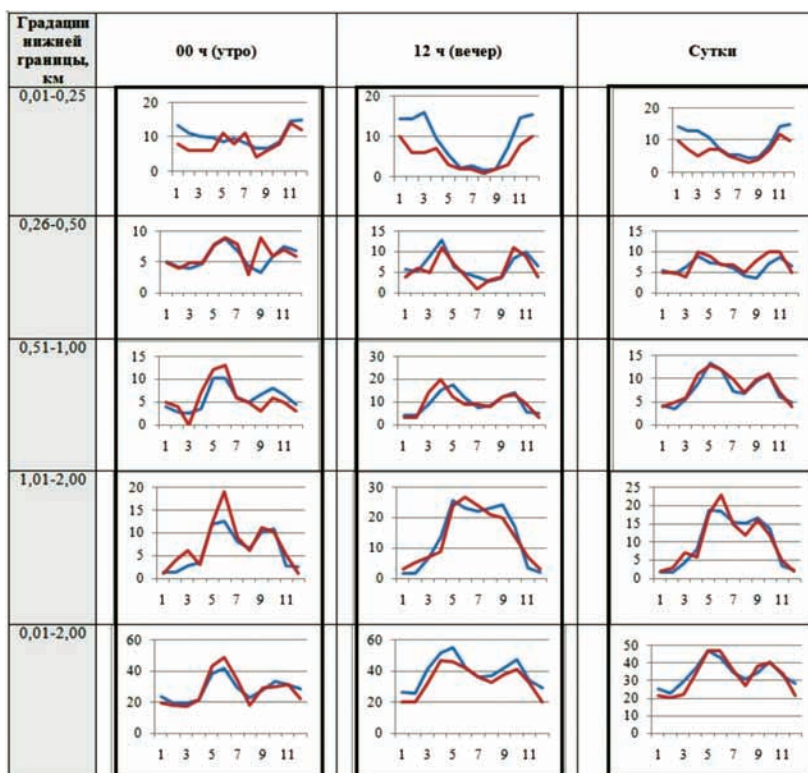


Рис. 5. Годовой ход повторяемости (%) приподнятых инверсий. Красным цветом обозначены кривые годового хода по результатам анализа за период 1959–1968 гг., синим цветом – новые данные за период 1978–2018 гг. По горизонтальной оси отложены месяцы, по вертикальной – значения повторяемости приподнятых инверсий.

фиксируются в летний период. Наблюдаемая картина годового хода – с двумя максимумами (в июне и октябре) и двумя минимумами (августе и феврале). Полученные значения повторяемости приподнятых инверсий в утренние часы с мая по сентябрь ниже опубликованных в справочнике в среднем на 4 % (за исключением августа), в холодные месяцы – выше примерно на 3 % по сравнению с результатами более ранних исследований.

Частота случаев с высотной инверсией в слое 0,01–2 км в вечерние часы выше, чем в утренние, и меняется в течение года

от 26 до 55 % (по данным справочника [1] – от 20 до 47 %). Значения повторяемости приподнятых вечерних инверсий по новым данным в среднем выше на 5 % (кроме повторяемости в июне). Основной максимум годового хода анализируемой величины сместился с апреля на май.

Если сравнивать полученные значения среднесуточной повторяемости приподнятых значений с данными более ранних исследований [1], можно отметить увеличение числа случаев с высотной инверсией в холодном полугодии (с декабря по май) в среднем на 4 %, а также в августе и октябре. В отдельные месяцы летнего и осеннего периода, напротив, число случаев с приподнятой инверсией в среднем за сутки несколько ниже результатов аналогичных исследований 1959 – 1968 гг.

Заключение

Выполненный анализ повторяемости приземных и приподнятых инверсий по аэрологическим данным станции Салехард позволил провести сравнение с аналогичными справочными характеристиками, полученными по данным за 1959 – 1968 гг. В целом картина годового хода повторяемости приземных инверсий на станции Салехард аналогична годовому ходу по более ранним наблюдениям. Однако для обоих сроков можно отметить увеличение числа случаев приземных инверсий в тёплом полугодии и, наоборот, некоторое снижение повторяемости приземных инверсий в зимние месяцы.

Общий характер годового хода повторяемости приподнятых инверсий в слое 0,01 – 2 км также в целом подобен более раннему годовому ходу, но при этом наблюдается некоторое увеличение повторяемости приподнятых инверсий в вечерние часы. В утренние часы холодного полугодия число случаев с высотной инверсией возросло, а в тёплом полугодии, напротив, уменьшилось.

Полученные результаты позволяют уточнить имеющиеся сведения [1] о климатических характеристиках температурных инверсий. Это говорит об актуальности создания справочных материалов по температурным инверсиям на более новых данных наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере* / Под ред. Э. Ю. Безуглой, М. Е. Берлянда. Л.: Гидрометиздат, 1983.
2. *Козлова Л. Ф., Хохлова А. В.* Метеорологические факторы загрязнения окружающей среды: климатические характеристики инверсий в нижнем слое атмосферы для районов Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима / Под ред. В. М. Шершакова // Сборник трудов научно-практической конференции «Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: последствия и пути преодоления», 19–21 апреля 2016 г., г. Обнинск. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». 2016. С. 164 – 169.
3. *Козлова Л. Ф., Хохлова А. В.* Климатические характеристики приземных температурных инверсий по данным аэрологических измерений на станциях Мурманск и Смоленск // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2017. Вып. 181. С. 120 – 125.
4. *Козлова Л. Ф., Хохлова А. В.* Климатические характеристики приподнятых температурных инверсий по данным аэрологических измерений на станциях Мурманск и Долгопрудная // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2018. Вып. 183. С. 135 – 143.
5. *Козлова Л. Ф., Хохлова А. В.* / Под ред. М. Т. Абшаева, Г. Х. Бадаховой, В. И. Волковой. Анализ инверсий температуры в нижней тропосфере по данным аэрологических измерений на станциях Долгопрудная и Мурманск // Сборник трудов Третьей международной научной конференции с элементами научной школы, 24 – 26 сентября 2018 г., г. Ставрополь. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2018. 323 с.
6. *Обзор* состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013 год. М.: Росгидромет, 2014. 228 с.
7. *Описание* символического формата хранения данных аэрологических наблюдений, поступающих по каналам связи для ПЭВМ (формат АЭРОСТАС) / Составитель – Т. В. Руденкова. Обнинск, 2009.
8. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Том. 1. Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.

УДК 551.576.1 : 551.583.1

ГОДОВОЙ ХОД ПАРАМЕТРОВ СПЛОШНЫХ ОБЛАЧНЫХ СЛОЁВ НАД АРКТИКОЙ НА ФОНЕ ИХ ГЛОБАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПО МНОГОЛЕТНИМ РАДИОЗОНДОВЫМ ДАННЫМ

И. В. Черных¹, О. А. Алдухов²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,*

¹ civ@meteo.ru, ² aoa@meteo.ru

Введение

Облачность является важной составляющей климатической системы. Её влияние на приходящую и уходящую радиацию зависит от многих факторов, в том числе от её количества, высоты, толщины; климатический эффект облаков зависит также от их географического расположения и сезона [1–5]. В связи с современным потеплением в Арктике большой интерес представляет исследование облачности над этим регионом по данным наблюдений [2, 6–8].

Основным источником знаний по климатологии облачности являются визуальные наблюдения за облаками, проводимые на метеостанциях [1, 4–6, 9]. Однако фактор субъективности при наземных наблюдениях за облаками может оказывать существенное влияние на результаты анализа их временных рядов; также визуальные наблюдения более достоверны в светлое время суток, чем в тёмное [1, 6, 10, 11]. Основным препятствием для достоверных наземных наблюдений в Арктике является редкая сеть наземных наблюдений, особенно в Гренландии и Северном Ледовитом океане [6].

По данным спутниковой аппаратуры можно получить информацию о макрофизических и микрофизических параметрах облачности [12], однако спутниковые данные имеются за разные и достаточно короткие периоды, поэтому существуют некоторые проблемы их интерпретации [5, 6, 12–15]. Для улучшения наших

знаний о вертикальной структуре облачности в последние годы действуют спутники со сканирующими устройствами типа лидар на CALIPSO и ICESat и радар на CLOUDSAT и EarthCARE, однако временные ряды этих наблюдений коротки для получения надёжной климатологии облачности в Арктике [6, 12].

Большой интерес вызывает исследование климатических характеристик параметров вертикальной макроструктуры облачности, восстановленной по результатам радиозондирования атмосферы [1, 2, 10, 14, 16–23]. Это обусловлено следующими причинами. Во-первых, при наличии сплошного покрытия небосвода облаками нижнего или среднего ярусов наблюдателю не доступна информация об их вышележащих слоях. Во-вторых, ни наземные, ни спутниковые наблюдения не дают надёжной информации о толщине облачности [1, 14, 23]. В-третьих, сложные погодные условия создают препятствия для достоверных наземных наблюдений [2, 6]. В-четвёртых, результаты определения границ и количества облаков по данным радиозондирования не зависят от освещённости и характера подстилающей поверхности. В-пятых, данные радиозондовых наблюдений собраны за достаточно длинный период и плотно покрывают территорию земного шара, особенно Северное полушарие [2, 22].

В [2, 17, 18, 20] авторами было проведено исследование постанционных климатических характеристик параметров вертикальной макроструктуры облачных слоёв (ОС) с учётом количества облаков для Российской Арктики, а также их повторяемости для разных широтных зон земного шара [19]. Определение границ и количества облачности по радиозондовым профилям температуры и влажности было выполнено с помощью СЕ-метода [1, 10, 13].

В данной работе продолжены исследования вертикальной макроструктуры сплошных облачных слоёв (СОС), ОС с количеством облаков 80–100 % поверхности небосвода над Арктикой в слое атмосферы от уровня земли до высоты 10 км. Рассмотрена задача о внутригодовых изменениях многолетних средних сезонных (подразумеваются сезоны Северного полушария) значений повторяемости Fr , числа слоев Nl , суммарной толщины Th , высоты нижней $H_{НГ}$ и верхней $H_{ВГ}$ границы СОС. Расчёты проведены

для атмосферных слоев 0–2, 2–6, 6–10, 0–10 км над уровнем земли. Первые три из них соответствуют традиционному разделению облачности на облачность нижнего, среднего и верхнего ярусов в зависимости от высоты расположения её нижней границы. Период наблюдений выбран с 1964 года, так как на аэрологической сети в Южном полушарии в конце 1950-х – начале 1960-х годов результатов радиозондовых измерений недостаточно для климатических расчётов [2, 24]. Расчёты выполнены для Арктики и земного шара с целью сопоставления результатов, полученных за один период наблюдений и по единой методике расчётов.

1. Данные и методы исследования

Информационной базой для изучения вертикальной макроструктуры СОС служили данные из глобального массива радиозондовых наблюдений CARDS (Comprehensive Aerological Reference Dataset) [22], пополненного текущими наблюдениями из массивов АЭРОСТАБ [25] и АЭРОСТАС [26]. Исходные массивы прошли процедуру комплексного контроля качества [27]. Для расчётов были отобраны станции с достаточно полным количеством данных.

При расчётах многолетних статистик параметров СОС требовалось, чтобы временные ряды для каждого месяца имели данные не менее чем за 25 лет из рассматриваемого 55-летнего периода 1964–2017 гг. для каждой станции. Одним из условий включения станции глобальной аэрологической сети в исследование является наличие наблюдений за 1990–2010 гг. Использовались все прошедшие контроль результаты радиозондирования с данными для температуры и влажности в слое от поверхности земли до высоты 10 км, поэтому число использованных профилей для разных слоёв атмосферы может различаться. В предыдущих работах авторов [2, 3, 16–18] требовалось наличие данных за половину лет из рассматриваемого периода наблюдений, и в расчёты включались только те зондирования, при которых имелись данные как для температуры, так и для влажности до высоты 10 км.

Известно [2, 27, 28], что данные радиозондовых наблюдений в тропосфере являются более «благополучными», чем в стратосфере, как в отношении обеспеченности, так и относительно

возникновения ошибок расчётов по этим данным, обусловленных малой высотой полёта зондов. Однако исторические массивы радиозондовых измерений температуры и особенно влажности являются неоднородными в большинстве стран [2, 22, 27–32] в силу ряда причин: различными национальными метеослужбами неоднократно за период наблюдений менялись приборы, методы наблюдений, расположение станций, среда и форматы их хранения; менялись алгоритмы обработки данных, в частности отсутствовали интернациональные стандарты по преобразованию наблюдений за относительной влажностью в дефицит точки росы; в разных странах использовались разные датчики; смена датчиков влажности проводилась несогласованно в ряде стран в течение длительных периодов; независимо от модели датчика на точность измерения влажности оказывает влияние величина относительной влажности, давления и солнечной радиации, величина и/или знак градиента температуры. При измерении температуры и влажности основным источником погрешностей является инерционность датчиков, особенно для влажности [13, 29–32].

Для определения границ и количества облаков по радиозондовым профилям температуры и влажности использовался СЕ-метод. Его основная идея состоит в определении таких интервалов, где на профили воздействуют ОС. Вследствие инерционности реакция датчиков температуры и влажности на их прохождение может практически не отражаться на абсолютных значениях измеряемых величин, но почти всегда проявляется в относительных изменениях (производных вдоль профиля) [1, 13, 16, 17]. Определение ОС по СЕ-методу проводится в два этапа. На первом – определяются их границы по вторым производным температуры и относительной влажности по высоте вдоль профилей. Особенности скоростей изменения этих параметров с высотой могут быть обусловлены их изменениями при пересечении радиозондом границ ОС. За критерий существования ОС приняты условия:

$$T''(h) \geq 0 \text{ и } R''(h) \leq 0 \text{ для } h_1 \leq h \leq h_2.$$

при требовании изменения знака второй производной на противоположный в граничных точках h_1 и h_2 . Это означает: h_1 и h_2

являются точками перегиба профилей T и R и локальных экстремумов первых производных T' и R' (максимума R' и минимума T' в точке h_1 и, наоборот, минимума R' и максимума T' в точке h_2). Эти условия были найдены в результате сравнения профилей температуры и относительной влажности и их вторых производных с результатами наземных наблюдений за облаками [1, 10, 13, 16, 17]. Для получения непрерывных вторых производных по всему вертикальному профилю используется аппроксимация наблюдаемых значений температуры и влажности кубическими сплайнами Акимы с нулевыми граничными условиями для вторых производных [33, 34].

На втором этапе для каждого из выделенных слоёв по значениям температуры и дефицита точки росы на уровне максимальной относительной влажности внутри такого слоя по кусочно-линейной аппроксимации диаграммы Арабей – Мошникова [1, 10] определяется количество облаков по градациям 0–20, 20–60, 60–80, 80–100 % поверхности небосвода. За количество облаков в нижнем, среднем и верхнем ярусах принимается максимальное количество облаков в ОС, лежащих внутри соответствующих диапазонов высоты (0–2, 2–6 и 6–10 км).

СЕ-метод был апробирован для разных широтных зон [1, 10, 13]. В [1, 10, 13] проведён анализ корректности определения яруса, количества облаков, точности его определения для нижней, средней и верхней облачности, для отдельных её форм, для плотных и тонких ОС по сравнению с данными наземных визуальных наблюдений за облаками [35]. Было проведено сравнение облачности, восстановленной по радиозондовым измерениям разными методами, в том числе с использованием СЕ-метода, с данными о границах, полученными с других наблюдательных платформ, а также сопоставление возможностей определения облачного и безоблачного состояния небосвода разными методами [1, 13, 36].

Для Арктики СЕ-метод прошёл проверку на данных эксперимента SHEBA (Surface Heat Budget of the Arctic Ocean, США) и FIRE (First Regional Experiment), проводившегося в рамках ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project), эксперимента по изучению облачности в Арктике [37, 38]. Использовались

спутниковые наблюдения, профили температуры и влажности, полученные при GPS-зондировании атмосферы, данные измерений с помощью облакомера, радара, лидара, с борта самолёта, данные визуальных наблюдений за облаками. В результате исследований было показано, что с помощью СЕ-метода детектируются ОС и влажные слои, из которых будут формироваться облака в течение ближайших нескольких часов (эти слои ещё не фиксируются при наземных наблюдениях за облаками в данный момент из-за малой концентрации облачных частиц, но будут детектированы после их формирования, обычно радаром). Определяются также влажные слои, являющиеся некоторой формой оставшихся облаков после их растекания (через несколько часов), и которые фиксируются с помощью прибора для определения изображения облачных частиц CPI при самолётном зондировании [1, 13].

Основным изменением в технологии радиозондирования является передача более детальных профилей для наблюденных метеовеличин. С использованием данных GPS-зондирования, проводимого во время эксперимента SHEBA, была проанализирована чувствительность разных методов определения границ ОС по данным радиозондирования к изменению разрешения профилей; было установлено, что результаты, полученные с помощью СЕ-метода, отражают наличие отдельных ОС и безоблачных прослоек, а это позволяет объективно оценить суммарную толщину ОС, выявить тонкие ОС, и слабо зависят от разрешения профилей температуры и влажности, что крайне важно при проведении климатических исследований на основе исторических массивов радиозондовых данных [1, 13, 39, 40].

Постанционные многолетние средние значения повторяемости СОС в изучаемых слоях атмосферы рассчитывались по формуле:

$$Fr_{m,l}^{coc} = \frac{N_{m,l}^{coc}}{N_{m,l}} \cdot 100 \%,$$

где m – месяц/сезон/год; $l = 1, 2, 3, 4$ – номер атмосферного слоя 0–2, 2–6, 6–10, 0–10 км; $N_{m,l}$ – число зондирований для месяца m в слое l ; $N_{m,l}^{coc}$ – число зондирований для месяца m в слое l , при которых были определены СОС.

При расчётах учитывались СОС толщиной не менее 50 метров, при этом допускалось существование ОС с другой градацией количества облаков.

При вычислении многолетних средних значений параметров СОС были использованы результаты радиозондовых измерений, проводимых на станциях глобальной аэрологической сети. Данные по этим станциям осреднены с учётом площади зоны влияния каждой станции; под зоной влияния станции понимается территория вокруг неё, на которой наблюдения метеорологической величины коррелируют с наблюдениями на станции, и определяется она с использованием радиуса горизонтальной корреляции. Сглаживание среднемесячных и среднесезонных значений параметров СОС проводилось по трём точкам.

Для визуализации и анализа распределения средних значений параметров СОС на изучаемых территориях удобнее работать с полями в регулярной сетке, а не со значениями в нерегулярном множестве аэрологических станций. Для интерполяции постанционных многолетних средних значений параметров СОС на градусную сетку $2 \times 2^\circ$ использовался метод взвешенной анизотропной интерполяции (ВАИ) [41]:

$$\hat{f}_0 = \frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^m a_i},$$

где a_i – вес для каждой из m соседних станций для точки регулярной сетки. Значения a_i вычисляются как решения системы линейных уравнений

$$\sum_{i=1}^m a_i \cdot r_{ij} = r_{0j}, j = 1, \dots, m,$$

где r_{ij} – расстояние между i -й и j -й станциями, а r_{0j} – расстояние между нулевой точкой сетки и j -й станцией. Для большинства метеорологических величин метод ВАИ даёт почти такую же точность, как оптимальная интерполяция (ОИ) [41, 42], но он имеет существенное преимущество по сравнению с ОИ, так как для

его использования не требуется знать статистическую структуру интерполируемых величин, но оценки ошибки интерполяции метод ВАИ не даёт [43].

2. Результаты

Для Арктики и земного шара на рис. 1 показан годовой ход многолетних средних месячных / сезонных значений параметров СОС и многолетние средние за год в целом для изучаемых слоёв атмосферы, в табл. 1 приведены соответствующие многолетние средние сезонные значения параметров СОС.

В связи с вопросом о точности расчётов ниже приведено общее число наблюдений в слое атмосферы 0–10 км для Арктики и земного шара, а также число наблюдений, использованных при расчётах статистик параметров СОС в изучаемых атмосферных слоях.

Район	Слой атмосферы над уровнем земли				Число наблюдений в слое 0–10 км
	0–2 км	2–6 км	6–10 км	0–10 км	
Арктика	1104230	1017376	952996	1412654	2832878
Земной шар	9555266	7554770	5314150	12074559	21239765

Т а б л и ц а 1

Многолетние средние сезонные значения параметров СОС: повторяемости (Fr), % от соответствующего числа зондирований, их числа (NI), суммарной толщины (Th), верхней (H_{Br}) и нижней (H_{Hr}) границ в изучаемых слоях атмосферы над Арктикой и земным шаром. 1964–2017 гг.

Параметр СОС	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар
0–10 км								
Fr, %	89	70	85	69	84	68	87	69
NI, n	3,7	2,8	3,4	2,7	3,3	2,7	3,5	2,7
Th, км	1,5	1,1	1,4	1,0	1,3	1,0	1,4	1,1
H_{Br} , км	6,9	5,3	6,8	5,2	6,8	5,1	6,9	5,2
H_{Hr} , км	1,6	1,8	1,9	1,9	2,0	1,8	1,7	1,8
6–10 км								
Fr, %	58	31	54	30	52	29	57	30
NI, n	2,0	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,9	1,7
Th, км	1,0	0,8	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7

Окончание табл. 1

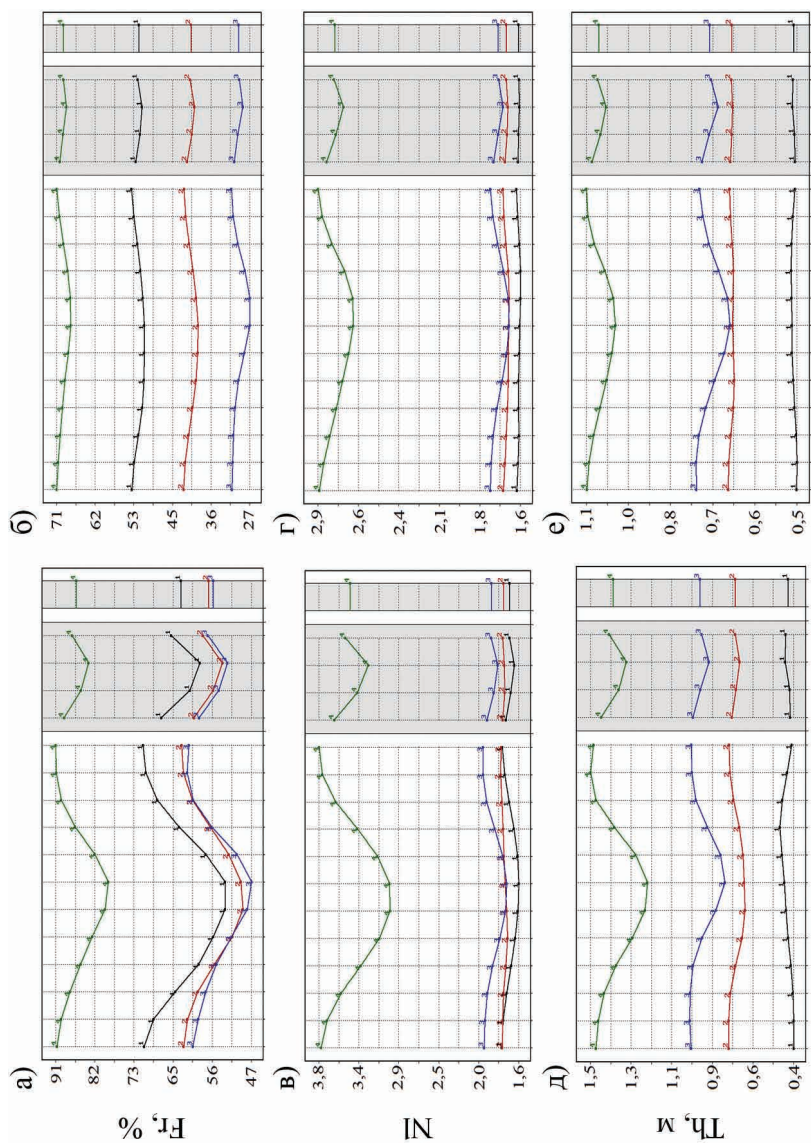
Параметр СОС	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар	Арктика	земной шар
H _{вг} , км	9,0	8,7	9,0	8,7	9,0	8,7	9,1	8,7
H _{нг} , км	7,1	7,3	7,2	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3
2–6 км								
Fr, %	60	41	56	40	53	39	58	40
NI, n	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6
Th, км	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6
H _{вг} , км	4,7	4,3	4,6	4,3	4,5	4,3	4,6	4,3
H _{нг} , км	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
0–2 км								
Fr, %	67	53	61	52	58	51	65	52
NI, n	1,8	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6
Th, км	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
H _{вг} , км	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
H _{нг} , км	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6

Примечание. Подразумеваются сезоны Северного полушария.

Рис. 1 и данные табл. 1 демонстрируют следующие особенности годового хода параметров СОС, характерные как для Арктики, так и для земного шара.

В слое 0–10 км многолетние средние сезонные значения повторяемости, суммарной толщины, числа СОС, высоты верхней границы максимальны зимой и минимальны летом; уменьшение суммарной толщины летом взаимосвязано с понижением верхней и повышением нижней границы.

Для всех сезонов наибольшие многолетние средние значения повторяемости СОС определены для нижнего яруса, а наименьшие значения – для верхнего; для суммарной толщины – наоборот, её наибольшие многолетние средние значения зафиксированы для верхнего яруса, а наименьшие значения – для нижнего яруса. Таким образом, наиболее часто повторяется сплошная нижняя облачность, но её толщина мала, сплошная верхняя облачность имеет большую толщину, но фиксируется реже, чем средняя и нижняя облачность.



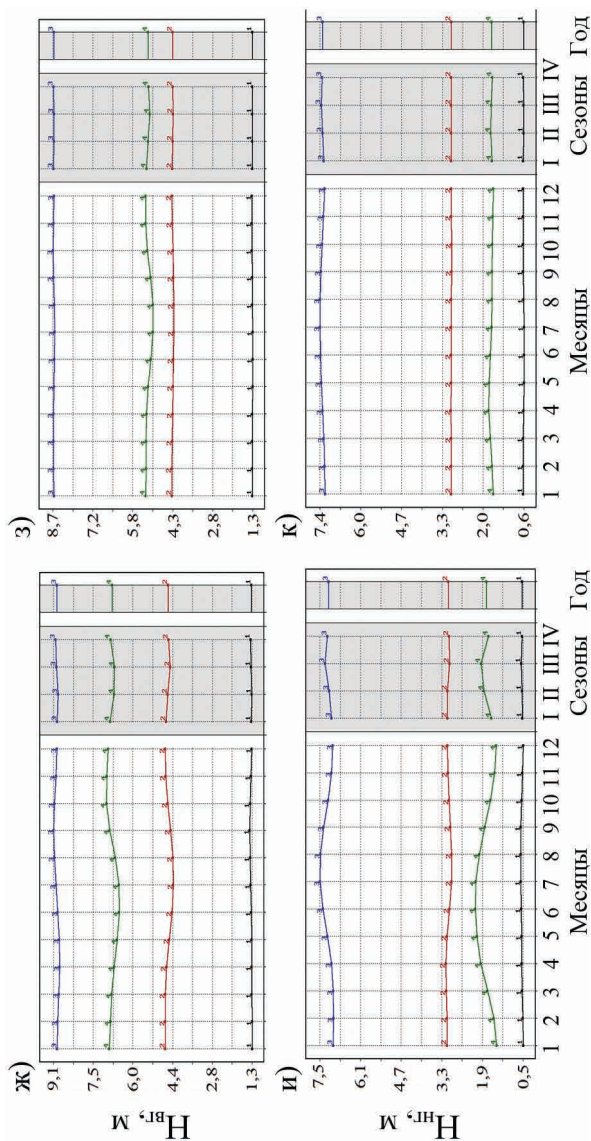


Рис. 1. Многолетние средние значения параметров СОС для каждого месяца (1,..., 12), сезона СП (I, II, III, IV) и за год для Арктики (а, б, в, г, д, ж, и) и земного шара (б, г, е, з, к) за 1964–2017 гг. (а, б) – Fr; (в, г) – NI; (д, е) – Th; (ж, з) – H_{Br} и (и, к) – H_{Ng} .
Линии 1 (чёрные) – для слоя 0–2 км; 2 (красные) – 2–6 км; 3 (синие) – 6–10 км; 4 (зелёные) – 0–10 км. Сезоны: I – зима; II – весна; III – лето; IV – осень.

Во все сезоны наибольшие многолетние средние значения числа СОС определены для верхнего яруса; при этом ярус облаков с минимальным многолетним средним значением числа СОС зависит от сезона и территории осреднения (Арктика и земной шар).

Отмечены следующие различия в годовом ходе параметров СОС над Арктикой и земным шаром. Во-первых, в слое атмосферы 0–10 км для всех сезонов повторяемость СОС, число слоёв, суммарная толщина, высота верхней границы над Арктикой больше, чем для земного шара в целом. Во-вторых, минимальное многолетнее среднее значение числа СОС над Арктикой определено зимой для среднего яруса, летом – для нижнего яруса; для земного шара оно определено зимой для нижнего яруса (в остальные сезоны средние значения числа СОС для среднего и нижнего ярусов совпадают).

На рис. 2–6 приведены географические распределения многолетних средних сезонных (подразумеваются сезоны Северного полушария) значений параметров СОС для слоя атмосферы 0–10 км. На них звёздочками отмечены 965 станций радиозондирования, использованных в исследовании.

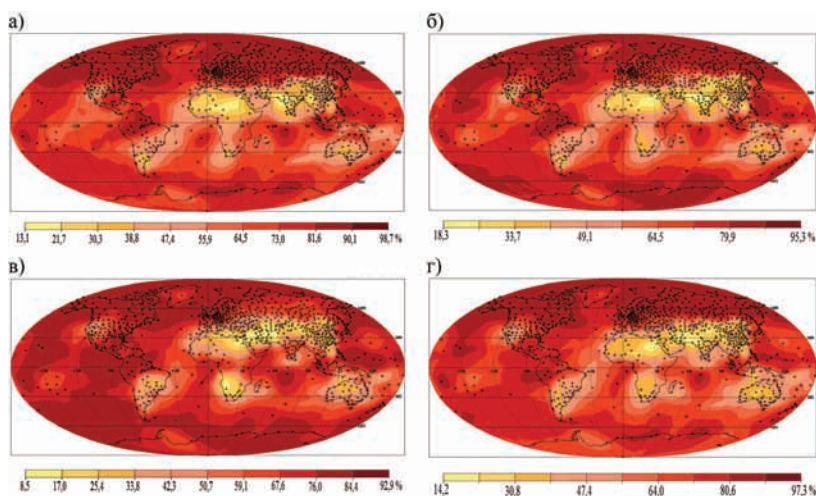


Рис. 2. Географическое распределение многолетних средних сезонных значений повторяемости, %, СОС для слоя атмосферы 0–10 км над уровнем земли для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г) Северного полушария. 1964–2017 гг.

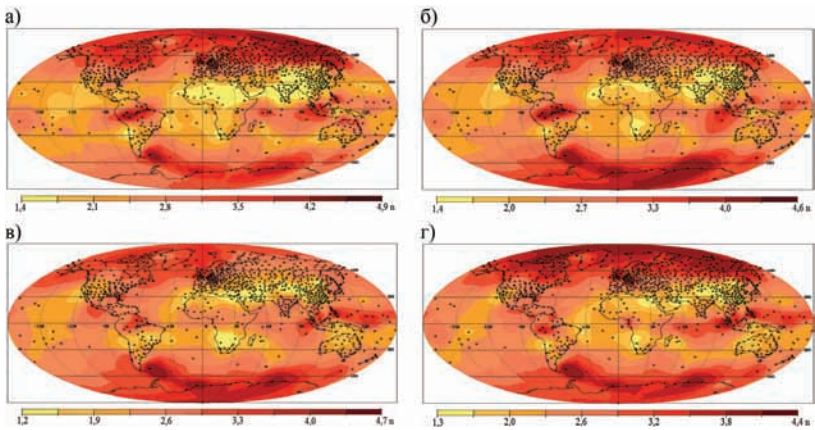


Рис. 3. Географическое распределение многолетних средних сезонных значений числа СОС в слое атмосферы 0–10 км над уровнем земли для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г) Северного полушария

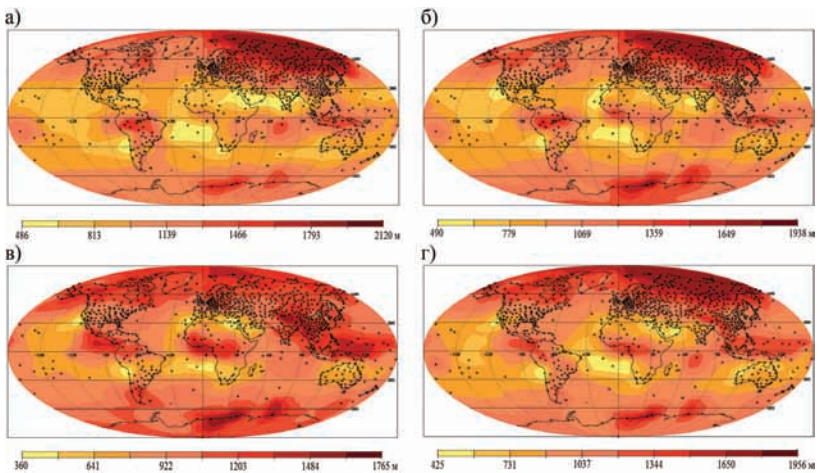


Рис. 4. Географическое распределение многолетних средних сезонных значений суммарной толщины СОС для слоя атмосферы 0–10 км над уровнем земли для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г) Северного полушария

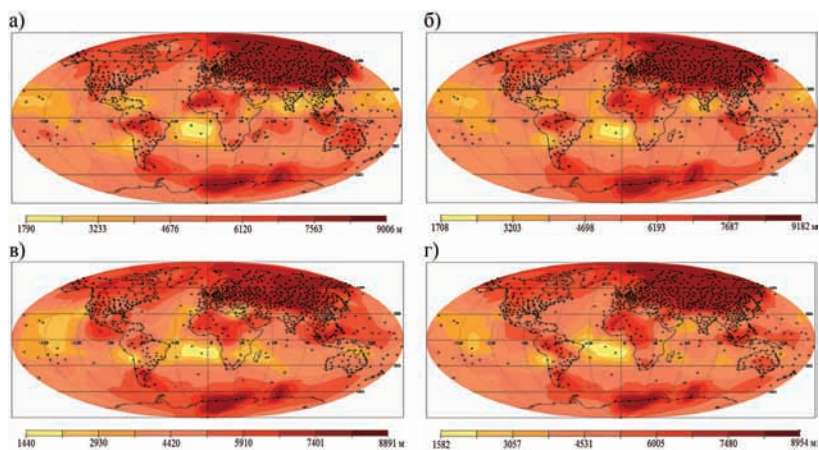


Рис. 5. Географическое распределение многолетних средних сезонных значений высоты верхней границы СОС для слоя атмосферы 0–10 км для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г) Северного полушария

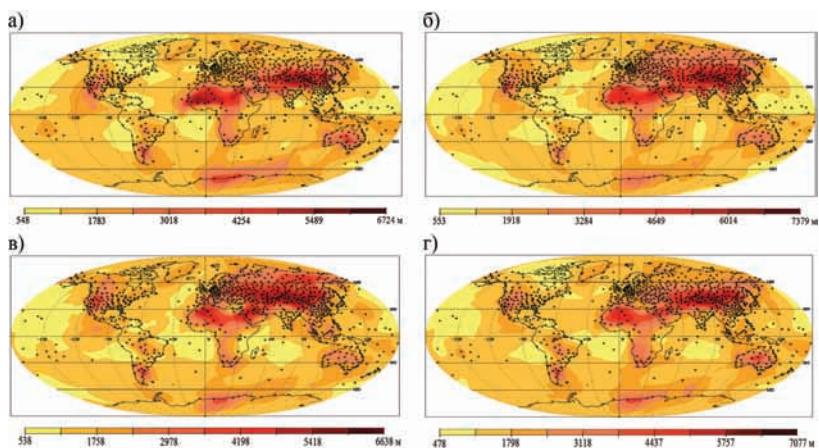


Рис. 6. Географическое распределение многолетних средних сезонных значений высоты нижней границы СОС для слоя атмосферы 0–10 км для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г) Северного полушария

В связи с вопросом о точности расчётов параметров СОС ниже приведены средние глобальные значения числа наблюдений в изучаемых слоях атмосферы для одной станции с учётом сезона

Сезон	Слой атмосферы над уровнем земли			
	0–2 км	2–6 км	6–10 км	0–10 км
зима	2526	2017	1455	3197
весна	2451	1938	1408	3129
лето	2426	1892	1260	3047
осень	2498	1981	1385	3138

Анализ рисунков для полярных широт обоих полушарий с учётом сезонов Северного полушария и Южного полушария, соответственно, показал, что от зимы к лету характерно уменьшение площади с большой повторяемостью СОС и её увеличение от лета к зиме; для числа слоёв, их суммарной толщины видно их увеличение в холодный сезон по сравнению с тёплым.

Для Арктики уменьшение площади с большой повторяемостью СОС летом по сравнению с зимой видно в основном в Восточном полушарии, а в Западном полушарии она несколько увеличивается. Высота верхней границы СОС над Арктикой летом по сравнению с зимой на части территории в Восточном полушарии уменьшается, а в Западном полушарии – увеличивается. При этом высота нижней границы летом выше, чем зимой для большей части Арктики, как в Восточном, так и в Западном полушарии.

3. Обсуждение результатов

Значительный интерес представляет качественное сравнение результатов о характере годового хода характеристик облачности над Арктикой, полученных на основе радиозондовых, наземных и спутниковых наблюдений, реанализов, в частности параметров СОС и общего количества облачности (ОКО). Характер годового хода ОКО над Арктикой в целом и отдельно над океаном и суши при расчётах по данным массивов наземных и спутниковых наблюдений, а также на основе данных реанализов, обсуждается в [6]. Ниже для сравнений используются эти результаты только для суши (табл. 2).

Анализ рис. 1а, табл. 1 и 2 показал следующее. Максимум повторяемости СОС во всех изучаемых слоях атмосферы над Арктикой виден зимой/поздней осенью и минимум летом, что согласуется с характером годового хода ОКО, определённом по реанализам ERA-40, ERA-Interim, JRA-25, NASA-MERRA, NOAA-CIRES 20CR. По данным реанализа NCEP/DOE максимум ОКО также приходится на зиму и осень, но минимум – на весну, это качественно согласуется с тем, что повторяемости СОС для весны и лета различаются мало для всех изучаемых слоёв. По данным NCEP/NCAR ОКО возрастает от зимы к осени, а по данным NCEP/CFSR – оно максимально осенью и весной и минимально летом, то есть максимум ОКО, как и значительная повторяемость СОС, отмечен осенью, но зимой – видно рассогласование.

Таблица 2

**Характер годового хода ОКО по данным наблюдений и реанализов:
сезон с максимальным многолетним средним значений ОКО
отмечен (+), а с минимальным значением – (-)**

	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>Наземные наблюдения</i>				
EECRA (1971–1996 гг.)	-		+	
<i>Спутниковые наблюдения</i>				
APP (1982–2004 гг.),				
CERES (2000–2010 гг.),				
MODIS (2000–2009 гг.),				
PATMOS-x (1982–2009 гг.)	-		+	
ISCCP (1983–2008 гг.)	+	+	+	+
<i>Реанализы</i>				
ERA-40 (1979–2002 гг.),				
ERA-Interim (1989–2009 гг.),				
JRA-25 (1979–2009 гг.),				
NASA-MERRA (1979–2009 гг.),				
NOAA-CIRES 20CR (1979–008 гг.)	+		-	+
NCEP/DOE (1979–2008 гг.)	+	-		+
NCEP/NCAR (1978–2008 гг.)	-			+
NCEP/CFSR (1979–2009 гг.)		+	-	+

ОКО, полученное на основе спутниковых наблюдений APP, CERES, MODIS, PATMOS-х и наземных визуальных наблюдений EECRA зимой меньше, чем летом. По данным ISCCP зимой минимума ОКО не определено и амплитуда годового хода ОКО наименьшая по сравнению с результатами, полученными на основе других спутниковых данных [6]. Согласно [6, 7], алгоритм определения облачности в ISCCP определяет чистое небо с осадками в виде кристаллов как облачность.

Итак, повторяемость СОС над Арктикой зимой больше, чем летом, что согласуется с расчётами ОКО по большинству реанализов, но ОКО, определённое по данным наблюдений, зимой меньше, чем летом. При этом результаты об увеличении ОКО над Арктикой в конце лета и начале осени, полученные для светлого времени года по данным всех наблюдений и реанализов [6], согласуются с увеличением повторяемости СОС во всех изучаемых слоях атмосферы над Арктикой. Минимум площади морского льда также отмечается в этот период. Причины расхождения результатов для тёмного времени года в Арктике могут быть следующие.

Во-первых, наиболее часто источником трудностей в климатологии облачности и одной из причин различий в климатологиях облачности, полученных по спутниковым и наземным наблюдениям, по данным реанализов, являются тонкие ОС, особенно при их определении над поверхностью лёд/снег [1, 4–7, 10, 11, 13–15, 44, 45].

Во-вторых, для Арктики многолетние средние сезонные значения суммарной толщины СОС в нижнем ярусе летом и осенью больше, чем зимой (табл. 1), следовательно, летом нижнюю облачность легче детектировать как наземному наблюдателю, так и с помощью спутниковой аппаратуры.

В-третьих, для верхней облачности многолетние средние сезонные значения суммарной толщины летом меньше, чем зимой, но зимой увеличивается и число СОС по сравнению с летом, то есть облачность становится более разреженной, возможность зафиксировать облачность со спутника зимой меньше, чем летом.

Выводы

На основе глобальных данных радиозондирования с использованием СЕ-метода получены новые данные по климатологии параметров вертикальной макроструктуры СОС над Арктикой и земным шаром в слое 0–10 км, а именно о годовом ходе их повторяемости, числе, толщине, высоте нижней и верхней границ, их пространственно-временной изменчивости.

Для Арктики характер годового хода повторяемости СОС, рассчитанной по данным радиозондирования, и ОКО, рассчитанного на базе большинства реанализов для суши [6], хорошо согласуются; также по данным наземных и спутниковых и радиозондовых наблюдений отмечено увеличение ОКО и повторяемости СОС осенью по сравнению с летом, что согласуется с отмечающимся в этот период минимумом площади морского льда.

Полученные статистические характеристики СОС над Арктикой и земным шаром могут быть полезны при изучении радиационной энергетики атмосферы, климатических исследований облачности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О. А., Черных И. В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Т. 2. Восстановленные облачные слои. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2013. 152 с.
2. Алдухов О. А., Черных И. В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Т. 3. Влажность и температура в атмосфере: статистические характеристики. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2015. 494 с.
3. Дубровина Л. С. Облака и осадки по данным самолётного зондирования. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 216 с.
4. Хлебникова Е. И., Салль И. А. Особенности климатических изменений облачного покрова над территорией России // Метеорология и гидрология. 2009. № 7. С. 5–13.
5. Чернокульский А. В., Мохов И. И. Сравнительный анализ характеристик глобальной и зональной облачности по различным спутниковым и наземным наблюдениям // Исследования Земли из космоса. 2010. № 3. С. 12–29.

6. *Chernokulsky A. V., Mokhov I. I.* Climatology of total cloudiness in the Arctic: An intercomparison of observations and reanalyses // *Advances in Meteorology*. 2012. Vol. 2012. Article ID 542093, 15 p. DOI: 10.1155/2012/542093.
7. *Curry J. A., Rossow W. B., Randall D. et al.* Overview of Arctic Cloud and Radiation Characteristics // *J. Climate*. 1996. Vol. 9. P. 1731–1764.
8. *Eastman R. M., Warren S. G.* Arctic cloud changes from surface and satellite observations // *J. Climate*. 2010. Vol. 23. P. 4233–4242.
9. *Warren S. G., Eastman R. M., Hahn C. J.* A survey of changes in cloud cover and cloud types over land from surface observations, 1971–96 // *J. Climate*. 2007. Vol. 20. P. 717–738.
10. *Chernykh I. V., Eskridge R. E.* Determination of cloud amount and level from radiosonde soundings // *J. Appl. Meteorol.* 1996. Vol. 35. P. 1362–1369.
11. *Hahn C. J., Warren S. G., London J.* The effect of moonlight on observation of cloud cover at night, and application to cloud climatology // *J. Climate*. 1995. Vol. 8. P. 1429–1446.
12. *Асмус В. В., Загребаев В. А., Макриденко Л. А. и др.* Система полярно-орбитальных метеорологических спутников серии «Метеор-М» // *Метеорология и гидрология*. 2014. № 12. С. 5–16.
13. *Черных И. В., Алдухов О. А.* Об определении вертикального распределения облачных слоев по данным радиозондирования атмосферы // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2004. Т. 40, № 1. С. 45–59.
14. *Rossow W. B., Zhang Y., Wang J.* A statistical model of cloud vertical structure based on reconciling cloud layer amounts inferred from satellites and radiosonde humidity profiles // *J. Climate*. 2005. Vol. 18. P. 3587–3605.
15. *Schreiner A. J., Strabala K. I., Unger D. A. et al.* A comparison of ground and satellite observations of cloud cover // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 1993. Vol. 74. P. 1851–1861.
16. *Черных И. В., Алдухов О. А.* Долгопериодные оценки характеристик вертикального распределения облачных слоев по данным радиозондирования атмосферы // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 4. С. 5–17.
17. *Черных И. В., Алдухов О. А.* Оценки числа облачных слоёв по данным радиозондирования атмосферы за 1964–2014 гг. на российских станциях // *Метеорология и гидрология*. 2018. № 3. С. 29–39.
18. *Черных И. В., Алдухов О. А.* Оценки параметров вертикальной макроструктуры сплошной облачности в Арктическом регионе РФ по долгопериодным данным радиозондирования // *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. 2018. Вып. 181. С. 5–17.
19. *Черных И. В., Алдухов О. А.* Повторяемость восстановленных облачных слоёв над разными широтными зонами земного шара по данным радиозондовых измерений за 1964–2018 гг. // *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. 2019. Вып. 184. С. 102–117.

20. *Chernykh I. V., Aldukhov O. A.* Trends in frequency of overcast clouds over Arctic Region of Russia // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling (WGNE Blue Book 2018), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>. 2018. P. 2-09–2-10.

21. *Chernykh I. V., Aldukhov O. A.* Estimates of cloud layers number from global atmospheric radiosounding data // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling (WGNE Blue Book 2019), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>. 2019. P. 2-05–2-06.

22. *Eskridge R. E., Aldukhov O. A., Chernykh I. V. et al.* A comprehensive aerological reference dataset (CARDS): rough and systematic errors // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1995. Vol. 76. P. 1759–1775.

23. *Poore K. D., Wang J., Rossow W.* Cloud layer thickness from a combination of surface and upper-air observations // J. Climate. 1995. Vol. 8. P. 550–568.

24. *Стерин А. М.* О чувствительности оценок трендов температуры тропосферы и нижней стратосферы по данным радиозондирования. 1. Выбор массива данных, длины ряда и методов анализа // Метеорология и гидрология. 2004. № 5. С. 21–36.

25. *Алдухов О. А., Оржиховская В. А., Садовникова Т. О. и др.* Архив текущей аэрологической информации АЭРОСТАБ. Описание архива. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 28 с.

26. *Руденкова Т. В.* Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.

27. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Принципы контроля качества массивов результатов радиозондирования атмосферы // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 92–101.

28. *Стерин А. М.* Анализ линейных трендов в рядах температуры свободной атмосферы за 1958–1997 гг. // Метеорология и гидрология. 1999. № 5. С. 52–68.

29. *Зайцева Н. А.* Аэрология. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 325 с.

30. *Aldukhov O. A., Eskridge R. E.* Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure // J. Appl. Meteorol. 1996. Vol. 35. P. 601–609.

31. *Gaffen D. J., Ross R. J.* Climatology and trends of U.S. surface humidity and temperature // J. Climate. 1999. Vol. 12. P. 811–827.

32. *Garand L., Grassotti C., Halle J. et al.* On differences in radiosonde humidity-reporting practices and their implications for numerical weather prediction and remotes sensing // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1992. Vol. 73. P. 1417–1423.

33. *Стечкин С. Б., Субботин Ю. Н.* Сплаины в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.

34. *Bartels R. H., Beatty J. C., Barsky B. A.* An Introduction to Splines for use in Computer Graphics and Geometric Modeling. Los Altos, Morgan Kaufman Publishers. 1987. 476 p.

35. NCDC. TD-3280 Surface Airways Hourly. Internal Report of the National Climatic Data Center. 1991. 40 p.
36. Naud C. M., Muller J. P., Clothiaux E. E. Comparison between active sensor and radiosonde cloud boundaries over the ARM Southern Great Plains site // J. Geophys. Res. 2003. Vol. 108, N D4. P. 3-1–3-12.
37. Curry J. A., Hobbs P. V., King M. D. et al. FIRE Arctic Clouds Experiment // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2000. Vol. 81. P. 5–29.
38. Uttal T., Curry J. A., McPhee M. G. et al. Surface heat budget of the Arctic Ocean // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2002. Vol. 83. P. 255–275.
39. Chernykh I. V., Alduchov O. A. Detection of cloudiness from temperature and humidity profiles for different resolution of radiosonde sounding by various methods // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling (WGNE Blue Book). Geneva. WMO. 2002. N 32. P. 2.5–2.6.
40. Chernykh I. V., Alduchov O. A., Eskridge R. E. Reply to comments of Seidel D. J. and Durre I. on «Trends in low and high cloud boundaries and errors in height determination of cloud boundaries» // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2003. Vol. 84. P. 241–247.
41. Костюков В. В. Объективный анализ и согласование метеорологических полей. М.: Гидрометеиздат, 1982. 192 с.
42. Гандин Л. С., Каган Р. Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
43. Алдухов О. А., Черных И. В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Т. 1. Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2013. 306 с.
44. Turner D. D., Vogelmann A. M., Johnson K. et al. Thin liquid water clouds: their importance and our challenge // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2007. Vol. 88. P. 177–190.
45. Баранов А. М. Видимость в атмосфере и безопасность полётов. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 206 с.

УДК 551.506.7

О ПРОБЛЕМАХ АРХИВАЦИИ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОСТУПАЮЩИХ ИЗ СЕТИ ГСТ В КОДАХ BUFR ПО ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ

Т. В. Руденкова¹, А. А. Тимофеев²

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ lae@meteo.ru, ² arseni@developitbest.com

Введение

Текущие аэрологические данные по глобальной сети станций, поступающие в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» по Глобальной системе телесвязи (ГСТ) в виде сообщений в кодах TEMP и PILOT [1], архивируются в формате массива «АЭРОСТАС» [2]. В ближайшее время для передачи результатов гидрометеорологических наблюдений, согласно рекомендациям ВМО [3 – 5], планируется переход ГСТ на таблично-ориентированные кодовые формы (BUFR). В ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в лаборатории комплексной автоматизации (ЛКА) по программе [6] наряду с обработкой других видов гидрометеорологических наблюдений, поступающих в виде сообщений в кодах BUFR, разработана технология и проводятся приём, обработка и формирование опытных файлов по аэрологии в новом формате массива АЭРОБАФР [7]. Опытные файлы, полученные в ЛКА с данными аэрологических наблюдений, передаются (один раз в квартал) в отдел аэрологии (ОА) для проведения мониторинга состава и содержания формируемого массива. Результаты анализа и проверки опытных файлов на достоверность, полноту и соответствие формату массива с замечаниями и рекомендациями и описанием конкретных ошибок в данных с примерами передаются в ЛКА для работы и внесения изменений в технологию архивации. В данной работе частично описаны результаты анализа, выполненного в ОА, для файлов **baer 2018111** и **baer 2018112** с данными за ноябрь 2018 года. Работа выполнена по теме 1.2.6.4. Раздел 8. Технологии сбора оперативных данных, в том числе поступающих

в коде BUFR, формирование на их основе базы данных и специализированных массивов. Мониторинг количества и качества поступлений в массив аэрологической информации АЭРОБАФР, формируемый из сводок, поступающих в таблично-ориентированных кодовых формах (2017 – 2019 гг).

Описание состава и содержания опытных файлов

Опытные файлы массива АЭРОБАФР, по которым был выполнен анализ, содержат срочные данные радиозондовых и радиопилотных наблюдений за ноябрь 2018 года по глобальной сети станций, около 600 станций мира, включая корабли погоды, в том числе около 30 российских станций. Файлы состоят из записей (запись включает данные одного наблюдения в формате массива АЭРОБАФР), полученных по технологии архивации, разработанной в ЛКА, после декодирования сообщений собственно BUFR высокого вертикального разрешения или сообщений BUFR, содержащих транскодированные данные из традиционных кодов TEMP и PILOT, поступающих по ГСТ.

Справочные материалы для анализа опытных файлов

Проверка архивных файлов представляет собой сложную работу из-за большого объема данных в одном файле (около 2 Гбайт) и осуществляется программным образом. В ОА разработаны программные средства, которые позволяют получить справочные материалы о составе и содержании файлов массива АЭРОБАФР, о количестве станций, сроках, количестве зондирований, количестве уровней в каждом зондировании и других характеристиках по выбранному архивному файлу (см. таблицу). Справочные материалы, отражающие содержание и состав опытного архивного файла, позволяют проводить анализ массива по станциям и сформулировать замечания к разработчику технологии архивации, в частности, проведенный анализ полноты архивируемых зондирований показал, что в случае длинных сообщений BUFR, часть наблюдений на верхних уровнях не входит в архивный файл (на данный момент замечания учтены в технологии и ошибка устранена).

Таблица

**Фрагмент таблицы со справочными материалами для анализа опытных файлов
за ноябрь 2018г. по ст. 48820 (Ханой, Вьетнам)**

station	lat	lon	year	month	day	hour	minute	second	ind_src	COUNT(p)	MIN(p)	MAX(p)	MIN(ghgt)	MAX(ghgt)
индекс	широта	долгота	год	месяц	день	час	минута	секунда	вид	к-во уровней	мин. дав- ление	мак. дав- ление	мин. геоп. высота	мак. геоп. высота
48820	2103333	10580000	2018	11	1	0	0	0	11	92	0	101800	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	1	12	0	0	11	85	0	101500	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	2	0	0	0	11	31	0	101700	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	2	12	0	0	11	65	0	101500	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	3	0	0	0	11	79	0	101800	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	3	12	0	0	11	79	0	101400	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	4	0	0	0	11	82	0	101500	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	4	12	0	0	11	62	10	101300	99999	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	5	0	0	0	11	22	0	7000	640	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	5	12	0	0	11	19	0	7000	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	6	0	0	0	11	60	0	101600	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	6	12	0	0	11	49	0	101400	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	7	0	0	0	11	24	0	7000	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	7	12	0	0	11	89	0	101400	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	8	0	0	0	11	67	0	101600	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	8	12	0	0	11	12	10000	101600	146	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	9	0	0	0	11	80	0	101700	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	9	12	0	0	11	72	0	101500	0	99999
48820	2103333	10580000	2018	11	10	0	0	0	11	79	0	101600	0	99999

вертикального зондирования» и «значимость уровня», которые несут информацию об уровне зондирования, например, уровень тропопаузы, особая точка по температуре, особая точка по ветру и т. д. Причём информация о «кодах уровней» отсутствует как в записях, полученных после декодирования сообщений BUFR, транскодированных из данных кода TEMP (данные частей A, B, C, D кода TEMP поступили в одном сообщении BUFR), так и в записях, декодированных из сообщений собственно BUFR высокого вертикального разрешения. При отсутствии данных о «кодах уровней» в записях архива обработка данных зондирования по таким станциям будет затруднена. Примеры с фрагментами записей массива АЭРОБАФР с отсутствием «кода уровня» приведены на рис. 1 и 2.

```

0018200001713020181101113000+3997258+03286340110553021
.....
2706300001713020181101113000+3997258+03286340110553022
01300
Уровень земли, давление = 922.10 гПа
0000409999990000000000000922100009070...+021700-00280001700032099999999
0000909999990000000000000918900009370...+021200-00400003900029099999999
0001409999990000000000000915900009660...+020900-00470003900027099999999
.....
Стандартная изобарическая поверхность 850 гПа
0013209999990000000000000850000016030...+014800-00780008200028099999999
0013409999990000000000000848700016160...+014700-00800008300028099999999
.....
0182909999990000000000000183700126700...-065900-06820035300206099999999
Тропауза, давление = 182.70 гПа, температура воздуха = - 66.10 град.
0183409999990000000000000182700127020...-066100-06820035300203099999999
0183909999990000000000000181700127340...-066000-06820035300201099999999
.....
Стандартная изобарическая поверхность 10 гПа
045240999999000000000000010000308220...-052400-06990026400125099999999
0453409999990000000000000009900308970...-052000-06980026500127099999999
0462909999990000000000000008900316290...-049300-06920026000146099999999
0472409999990000000000000007900323730...-048400-06850025600154099999999

```

Рис. 2. Фрагмент записи массива АЭРОБАФР по станции 17130 (Анкара, Турция) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 11 ч 30 мин. В записи отсутствуют значения «кода уровня» для всех уровней зондирования (выделены красным цветом). Данные радиозондового наблюдения декодированы из сообщения собственно BUFR высокого вертикального разрешения.

На рис. 1 представлены частично данные записи массива АЭ-РОБАФР (данные радиозондового наблюдения) по станции **17030** (Самсун, Турция) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч. В записи отсутствуют значения «кода уровня» зондирования для всех уровней (выделены красным цветом). Данные декодированы из сообщения BUFR, транскодированного из кода TEMP.

На рис. 2 представлены частично данные записи массива АЭРОБАФР (данные радиозондового наблюдения) по станции **17130** (Анкара, Турция) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 11 ч 30 мин. В записи отсутствуют значения «кода уровня» для всех уровней зондирования (выделены красным цветом). Данные декодированы из сообщения собственно BUFR высокого вертикального разрешения.

2. Описание ошибок в данных по скорости ветра для радиопилотных наблюдений на уровнях стандартных высот

В данных файла baer 2018112 по станциям: 48870, 48877, 48887, 48914 (Вьетнам) для радиопилотных наблюдений на уровнях стандартных высот значения скорости ветра занижены в два раза. Ошибка носит систематический характер. На уровнях стандартного давления значения скорости ветра соответствуют наблюдаемым. Данные декодированы из сообщений BUFR, транскодированных из кода PILOT.

На рис. 3 приведены частично данные записи массива по станции 48870 за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч. Для данной станции на уровнях стандартного давления (850, 700, ..., 200 гПа) скорость ветра раскодирована правильно. На уровнях стандартных высот (100, 300, ..., 10 000 м) скорость ветра занижена в два раза.

3. Описание обнаруженных ошибок по станциям 48811, 48820, 48839, 48845, 48855, 48900 (Вьетнам)

Файл данных baer 2018111 по указанным станциям содержит данные радиозондовых наблюдений. Данные декодированы из отдельных сообщений BUFR, транскодированных из частей A, B, C, D кода TEMP.

В данных указанных станций обнаружены ошибки:

- на уровнях особых точек (о.т.) по ветру для уровней с «давлением» выше и равно 100 гПа значения скорости ветра занижены в два раза (рис. 4);
- отсутствуют «коды уровней» для уровня земли, тропопаузы, уровней о.т. по температуре и о.т. по ветру во всём подъёме радиозонда (рис. 4);
- отсутствуют данные по ветру на уровне тропопаузы (рис. 4);
- на уровнях стандартных изобарических поверхностей 70–10 гПа значения геопотенциальных высот занесены с ошибкой и не соответствуют наблюдаемым (рис. 5).

```

0018100004887020181101000000+1376667+10921667120024011
.....
0222300004887020181101000000+1376667+10921667120024012
01024
99999900000401600000000000850000999999...902000110099999999
99999900000401600000000000700000999999...905000030099999999
99999900000401600000000000500000999999...922500020099999999
99999900000401600000000000400000999999...919500020099999999
99999900000401600000000000300000999999...918500030099999999
99999900000401600000000000250000999999...925000030099999999
99999900000401600000000000200000999999...926000040099999999
99999900000201700000000009999990010009...932500030099999999
99999900000201700000000009999990030009...935000050099999999
99999900000201700000000009999990050009...935500055099999999
99999900000201700000000009999990060009...936000060099999999
99999900000201700000000009999990090009...900500065099999999
9999990000020170000000000999999010009...900500065099999999
9999990000020170000000000999999012009...901000070099999999
9999990000020170000000000999999018009...903000055099999999
9999990000020170000000000999999020009...903500045099999999
9999990000020170000000000999999021009...903500040099999999
9999990000020170000000000999999024009...905500030099999999
9999990000020170000000000999999027009...907000025099999999
9999990000020170000000000999999040009...902000020099999999
9999990000020170000000000999999050009...903000015099999999
9999990000020170000000000999999070009...920500010099999999
9999990000020170000000000999999090009...917500010099999999
9999990000020170000000000999999100009...919000020099999999

```

Рис. 3. Данные записи массива АЭРОБАФР по станции 48870 (Вьетнам) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч. На уровнях стандартных высот (100, 300, ..., 10 000 м) скорость ветра занижена в два раза. Уровни стандартных высот с ошибочными значениями скорости ветра выделены красным цветом. Данные радиопилотного наблюдения декодированы из сообщения BUFR, транскодированного из кода PILOT.

```

0018100004882020181101000000+2103333+10580000110092011
.....
0834300004882020181101000000+2103333+10580000110092012
01092
Уровень земли. Отсутствует «код уровня». Давление= 1018.00гПа. Скорость ветра
занесена правильно и равна 0.0 м/с
9999990000000000000000001018000999999...9+022600+0166000000000009999999
Стандартная изобарическая поверхность 1000 гПа. «Код уровня» =02. Скорость
ветра занесена правильно и равна 5.0 м/с
999999065536002000000000001000000015709...9+020200+01520031000050099999999
Уровень о.т. по ветру. Отсутствует «код уровня». Давление= 999гПа. Скорость
ветра занижена в 2 раза и равна 2.5 м/с
999999000000000000000000009999009999999...9999999999999931000025099999999
Уровень о.т. по ветру и по температур. Отсутствуют «коды уровня».
Давление=979гПа. Скорость ветра занижена в 2 раза
999999000000000000000000000979009999999...9+022400+00640000500045099999999
Стандартная изобарическая поверхность 850 гПа. «Код уровня» =02. Скорость
ветра занесена правильно и равна 11.0 м/с
9999990655360020000000000008500000154909...9+013800-00220003500110099999999
Уровень о. т. по ветру. Отсутствует «код уровня». Давление=590.00гПа. Данные по
ветру занесены правильно при скорости ветра равной 0 м/с
9999990000000000000000000005900009999999...9+000800-00520000000000099999999
Тропопауза. Давление =106.00гПа. Данные по «коду уровня» и по ветру отсутствуют
999999000000000000000000001060009999999...9-078700-08670099999999999999999
Уровень о.т. по ветру. Отсутствует « код уровня». Давление =101.00гПа. Скорость
ветра занижена в 2 раза
99999900000000000000000000101009999999...9999999999999920500020099999999
Уровень стандартной изобарической поверхности 100 гПа и о.т. по ветру.
Отсутствует « код уровня», скорость ветра занижена в 2 раза и равна 2,5 м/с
999999000000000000000000001000001663009...9-076700-087700165000250999999999
Уровень о.т. по ветру, отсутствует «код уровня». Давление =97.00гПа. Скорость
ветра занесена правильно и равна 8,0м/с
99999900000000000000000000970009999999...9999999999999914000080099999999

```

Рис. 4. Фрагмент записи массива АЭРОБАФР по станции 48820 (Ханой, Вьетнам) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч. На уровнях о.т. по ветру для уровней с «давлением» выше и равно 100 гПа значения скорости ветра занижены в два раза. Отсутствуют «коды уровней» для уровня земли, тропопаузы, уровней о.т. по температуре и о.т. по ветру во всем подъёме радиозонда. Отсутствуют данные по ветру на уровне тропопаузы. Отсутствующие и ошибочные значения элементов выделены красным цветом. Данные радиозондового наблюдения декодированы из отдельных сообщений BUFR, транскодированных из частей А, В, С, D кода TEMP.

Однако следует отметить, что:

- на уровнях стандартных изобарических поверхностей 1000 – 10 гПа данные по скорости ветра занесены правильно и имеются данные по «коду уровня» (02);
- на уровнях о.т. по ветру с давлением меньше 100 гПа данные по скорости ветра занесены правильно.

```

0018100004882020181101000000+2103333+10580000110092011
.....
0834300004882020181101000000+2103333+10580000110092012
01092
Значение геопотенциальной высоты на ст. пов. 70 гПа занесено 2869 м., а
фактически высота равна 18690 м. Скорость ветра занесена правильно и равна
10.0 м/с
9999990655360020000000000000700000286909...9-071500-08950006500100099999999
Уровень о.м. по ветру, отсутствует «код уровня». Давление= 53.00гПа.
Скорость ветра занесена правильно и равна 7.0 м/с
9999990000000000000000000000053000999999...999999999999999910000070099999999
9
Значение геопотенциальной высоты на ст. пов. 50 гПа занесено 700 м.
Фактически высота равна 20700 м. Скорость ветра занесена правильно и равна
5.0 м/с
9999990655360020000000000000500000070009...9-066500-093500110000500999999999
Значение геопотенциальной высоты на ст. пов. 30 гПа занесено 10385 м
.Фактически высота равна 23850 м. Скорость ветра занесена правильно и
равна 12.0 м/с
9999990655360020000000000000300001038509...9-059700-092700065001200999999999
Уровень о.м. по ветру, отсутствует «код уровня». Давление= 26.00гПа.
Скорость ветра занесена правильно и равна 12.0 м/с
99999900000000000000000000000260009999999...9999999999999999070001200999999999
Значение геопотенциальной высоты на ст. пов. 20 гПа занесено 16400 м.
Фактически высота равна 26400 м. Скорость ветра занесена правильно и равна
14.0 м/с
9999990655360020000000000000200001640009...9-056500-092500120001400999999999
Значение геопотенциальной высоты на ст. пов. 10 гПа занесено 10960 м.
Фактически высота равна 30960 м. Скорость ветра занесена правильно и равна
3.0 м/с
9999990655360020000000000000100001096009...9-043700-083700330000300999999999

```

Рис. 5. Фрагмент записи массива АЭРОБАФР по станции 48820 (Ханой, Вьетнам) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч. Значения геопотенциальных высот на уровнях стандартных изобарических поверхностей 70 – 10 гПа занесены с ошибкой и не соответствуют наблюдаемым. Ошибочные значения геопотенциальных высот выделены красным цветом. Данные радиозондового наблюдения декодированы из отдельных сообщений BUFR, транскодированных из частей А, В, С, D кода TEMP.

На рис. 4 и 5 приведены частично данные записи массива АЭРОБАФР (данные радиозондового наблюдения) по станции 48820 (Ханой, Вьетнам) за 01 ноября 2018 г. за время наблюдений 00 ч с примерами описанных выше ошибок.

Заключение

Архивация текущих аэрологических данных, поступающих по ГСТ по глобальной сети станций в виде сообщений в таблично-ориентированных кодовых формах (BUFR), ведётся по вновь разработанной технологии архивации и предполагает достаточно длительный этап проверки и уточнения технологии даже после внедрения её в эксплуатацию. Анализ опытных файлов baer 2018111 и baer 2018112 массива АЭРОБАФР за ноябрь 2018 г. показал, что обнаруженные ошибки в данных массива не всегда обусловлены и связаны с технологией архивации и декодированием сообщений BUFR. Проблема заключается в том, что в национальных центрах при использовании декодеров из-за недостаточно накопленного опыта для преобразования данных из кодов TEMP и PILOT (особенно сообщений, разделённых на части A, B, C, D) в BUFR обнаруживается ряд ошибок, которые частично были описаны в данной работе. Все это делает актуальной работу по мониторингу состава и содержания формируемого нового массива АЭРОБАФР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сборник аэрологических кодов*. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. 80 с.
2. Руденкова Т. В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41 – 63.
3. *Наставление по кодам*. Международные коды. Том I.2. (Дополнение II к Техническому регламенту ВМО). Часть В – Двоичные коды. Часть С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов // ВМО. 2012. № 306. 844 с.
4. http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v12/LatestVERSION/LatestVERSION.html.
5. http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v12/PrevVERSIONS/PreviousVERSIONS.html
6. Беспрозванных А. В., Сенова Л. Н., Ульянич Н. Л., Шерстюкова Р. А. Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CLIWARE 2. Область применения // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 164 – 181.
7. Руденкова Т. В. Структура и содержание нового массива текущих аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодовых формах BUFR // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 181. С. 102 – 119.

УДК 681.518:551.5

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО АГРОМЕТЕОРОЛОГА (ARMAGRO)

Л. И. Романенко¹, А. Ю. Згура², А. И. Шевченко³

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»

¹ lir@meteo.ru; ² isapfe@bk.ru; ³ achevchenko@meteo.ru

Автоматизированное рабочее место (АРМ) агрометеоролога – программно-технологический комплекс (ПТК) ARMAGRO – многофункциональная подсистема сбора, обработки, контроля, накопления агрометеорологических данных, получения отчётной оперативной и режимной продукции [1 – 5], реализующая три уровня обработки информации (рис. 1). Разработка ПТК ARMAGRO началась в 2005 году взамен устаревших программных комплексов AGRO и AMFD2, разработанных в 1988 – 1992 гг. С 2011 года (ПТК) ARMAGRO внедрён распоряжением Росгидромета и является основным средством обработки агрометеорологической

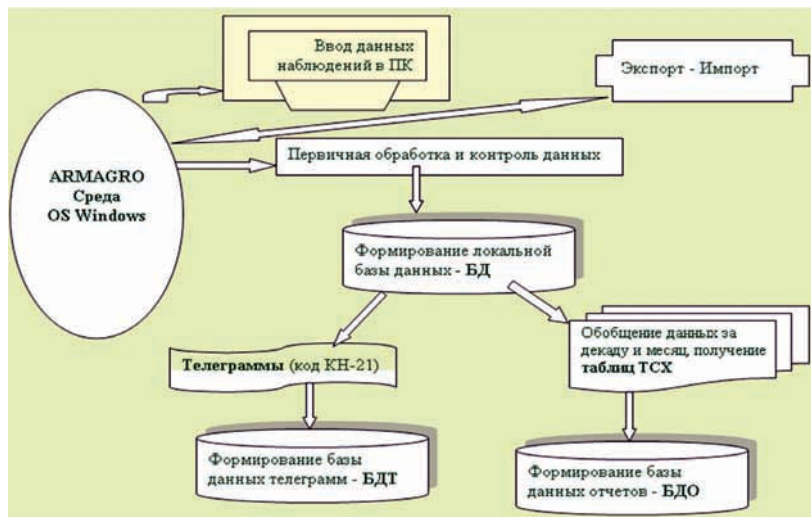


Рис. 1. Функциональная схема АРМ агрометеоролога

информации на сети Росгидромета. В 2016 году приказом Росгидромета внедрена версия ПТК ARMAGRO v2.4, дополненная блоком контроля влажности почвы.

ПТК ARMAGRO предназначен для агрометеорологов-наблюдателей станций, постов и специалистов ЦГМС и УГМС. На станциях и постах средствами ARMAGRO производится ввод данных наблюдений в ПК, их автоматизированная обработка, получение оперативной отчётной продукции, накопление информации в базе первичных данных наблюдений и базе отчётов, передача отчётной продукции и экспорт баз данных в ЦГМС или УГМС; в ЦГМС и УГМС – сбор баз данных наблюдений и отчётов, их накопление, а также компоновка и передача в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

1. Сбор и первичная обработка исходных данных наблюдений

Ввод данных в ПК обеспечивается программным модулем ARMAGRO\station.exe, который также использует дополнительные компоненты из папки ARMAGRO\system. Программный модуль предоставляет пользовательский интерфейс и выполняет запросы к объектам базы данных local.mdb (управляющим таблицам, сервисным таблицам и таблицам с данными), что в результате позволяет осуществлять:

- ввод данных в ПК по введённым с 01.08.2001 года формам полевых книжек наблюдений КСХ-1м, КСХ-2м, КСХ-3, таблиц первичной записи паспортных данных ТСХ-4 и таблиц с данными агрогидрологических свойств почв ТСХ-5;
- автоматизированный контроль данных;
- редактирование данных;
- первичную обработку данных по установленным в руководящих документах регламентам;
- формирование базы первичных данных наблюдений (БД);
- подготовку файлов для экспорта и импорта данных, обеспечивающих обмен информацией между смежными базами первичных данных;
- импорт данных метеорологических наблюдений из таблиц ТМС и ТМП, необходимых для раздела 1 таблицы ТСХ-1м,

составления оперативных справок об условиях состояния и развития сельскохозяйственных объектов, для раздела «Метеорологическая информация» агрометеорологического ежегодника.

2. Подготовка данных в промежуточных форматах хранения данных и формирование баз первичных агрометеорологических данных (БД)

ПТК ARMAGRO производится сбор и обработка более 30 видов агрометеорологической и метеорологической информации, включающих около 700 наблюдаемых и производных параметров [6].

Основные виды обрабатываемой информации [6]:

- метеорологические наблюдения непосредственно на полях, сопряжённые с наблюдениями за состоянием сельскохозяйственных культур (температура пахотного слоя почвы, минимальная температура воздуха в травостое, количество осадков на сельскохозяйственных полях, наблюдения за уровнем грунтовых вод, состоянием увлажнения верхнего слоя почвы и др.);
- наблюдения за влажностью корнеобитаемых слоёв почвы (в каждом 10-сантиметровом слое до глубины 100 – 150 см.);
- агрогидрологические и агрохимические свойств почвы;
- наблюдения за параметрами растительного покрова и состоянием полевых, ягодных, плодовых культур, сеяных и естественных трав, дикорастущих культур (фенологические наблюдения, высота, густота стояния растений, оценка состояния);
- наблюдения за развитием и формированием урожая сельскохозяйственных культур и на природных угодьях (элементы продуктивности и структура урожая);
- наблюдения за проведением агротехнических работ и мероприятий;
- наблюдения за состоянием озимых зерновых и плодовых культур, сеяных трав в осенне-зимне-весенний период (осенние, весенние обследования, определение жизнеспособности отращиванием и экспресс-методами озимых зерновых культур и многолетних трав, отращивание веток плодовых культур, температура почвы на глубине корневой системы);
- сведения о характеристике и степени повреждений сельскохозяйственных культур;

- наблюдения за снежным покровом на сельскохозяйственных полях, в саду (высота снега, плотность, характер залегания, снежные и ледяные корки);
- наблюдения за промерзанием и оттаиванием почвы на сельскохозяйственных угодьях;
- условно-постоянные характеристики (паспортные данные) полевых участков.

3. Формирование отчётной продукции

Генератор отчётов: программа ARMAGRO\report\AccessReport.exe, а также модули, размещённые в подкаталоге ARMAGRO\report\plugins, и компоненты приложений в ARMAGRO\report\system выполняют формирование отчётов по занесённой в базу первичных данных информации и сохранение полученных отчётов в базе данных отчётов (БДО). Для формирования отчётов производится обработка данных по определённым алгоритмам и ключевым параметрам (культура, номер участка, дата определения, способ выращивания и др.). Отдельные параметры в зависимости от периода развития растений имеют иногда несколько алгоритмов обработки.

Разработано формирование следующих отчётов:

- получение регламентных оперативных документов отчётности таблиц ТСХ-1м, ТСХ-4м, ТСХ-5м и ТСХ-6м (в трёх вариантах);
- получение оперативных телеграмм (ежедневных и декадных) в соответствии со структурой кода КН-21;
- обработка и получение оперативных специальных справок: «Оценка степени увлажнения почвы (OSU)», расчёт ГТК, расчёт характеристик периода активной вегетации сельскохозяйственных культур (даты перехода среднесуточных температур через определённые пределы, накопление сумм активных температур и др.);
- формирование базы данных отчётов (БДО).

Программные средства (ПС) ПТК АРМАГРО

ПС АРМАГРО реализованы в операционной системе Windows на языке программирования Pascal (в среде разработки Borland Delphi 7), а также с использованием языка разметки HTML для структурированного вывода данных и языка запросов SQL для обращения к базе данных MS Access.

ПС АРМАГРО представляет собой три независимых приложения с графическим интерфейсом. Первое приложение (Station) является ведущим, второе (AccessReport) – подчинённым и должно запускаться из первого; третье (Logo) также запускается сразу после старта АРМАГРО и служит для показа заставки ПТК. Приложение Logo разрабатывалось вне разработки ПС АРМАГРО и предназначено также для обслуживания других ПС (например, ПЕРСОНА МИС). Station и AccessReport объединяют в себе множество функций, но приложение Station ориентировано на занесение, контроль и первичную обработку данных, в то время как AccessReport – на последующую, более сложную обработку данных, и получение различных видов отчётности.

В проектировании комплекса использовался принцип разделённого программного кода. Под этим понимается вынесение частей кода программы в отдельные модули (файлы с расширением dll), которые предоставляют определённый интерфейс для получения доступа к своим функциям и при необходимости подключаются к основной программе. Это даёт возможность участия нескольких специалистов в разработке комплекса, а также позволяет легко обновлять только те части комплекса, которые были изменены при доработке или исправлении ошибок.

К таким модулям относятся:

1. Calc.dll из каталога ARMAGRO\system. Он используется программой Station и позволяет вычислять математические выражения, по которым рассчитываются значения многих полей в формах с первичными данными.

2. Interfacer.dll из каталога ARMAGRO\report\system. Этот модуль используется для выборки данных из БД и БДО по заданным условиям в виде двумерных массивов (таблиц) без необходимости вникать в технические детали работы с БД.

3. Файлы с расширением .dll в каталоге ARMAGRO\report\plugins (например pl_part1.dll). Эти модули отвечают за формирование всей отчётности в программе AccessReport и для доступа к базам данных используют модуль Interfacer. При запуске AccessReport проверяет, какие совместимые модули присутствуют

в подкаталоге plugins и запрашивает у найденных модулей набор отчётов, которые они могут формировать.

4. Также для доступа к данным в нужном формате используются некоторые возможности MS Access, такие как создание запросов внутри БД и применение в таких запросах функций Visual Basic. Обращение извне к этим запросам происходит так же, как обращение к обычным таблицам.

Все отчёты программы AccessReport записываются в БДО, но также могут дублироваться в выбранную директорию в виде текстовых файлов в одном из форматов:

1. .doc – формат MS Word;
2. .htm – этот формат является «родным» для AccessReport, так как именно в нём первоначально создается отчёт, но такой файл может, кроме web-браузеров, также открываться в MS Word и OpenOffice/LibreOffice. Формат выбирается в зависимости от настроек AccessReport.

База данных и база данных отчётов

Накопление информации производится в базе local.mdb, накопление отчётной продукции – в базе БДО.mdb, созданных в среде MS Access.

Программа MS Access, предназначенная для работы с базами данных формата MDB, использовалась для первоначального создания БД local.mdb и БДО.mdb. Для штатной работы ПТК ARMAGRO программа MS Access не требуется, так как в ОС Windows изначально присутствуют (и не требуют дополнительной установки) компоненты, отвечающие за работу с базами данных MDB. Установка MS Access нужна в двух следующих случаях:

1. Для редактирования справочных таблиц, таких как, например, Stat (список станций) квалифицированными специалистами. Так как эти таблицы имеют большое значение для правильного функционирования ПТК ARMAGRO, ни одна из программ комплекса не имеет интерфейса для их редактирования, чтобы рядовой пользователь комплекса не мог случайно изменить в них данные.
2. Для корректировки логических ошибок, которые пользователи делают при занесении данных (например, создание формы

для ввода данных наблюдений за зимующей культурой в осенний период сельскохозяйственного года).

База первичных данных local.mdb содержит множество связанных таблиц, среди которых управляющие, справочные и содержащие данные наблюдений (рис. 2):

- справочные таблицы, содержащие кодификаторы, списки значений параметров: upr, obl, stat, addindex, group, book, kodif, product, zima, funcs, trust_interv;
- управляющие таблицы, содержащие формализованное описание условий ввода данных, расчётные функции и функции контроля данных, сведения и правила формирования отдельных параметров: blanks, addblank, csets, datatypes, cult, conditon, modify, inp, phases, prod_cult, two;
- таблицы с данными наблюдений всех форм ввода, содержащие непосредственно данные и ключевую информацию к каждому параметру: destblank, extindex, f0nnn.

Связь между таблицами осуществляется через индексы, определяемые схемой связи (рис. 2 и 3).

Логическая структура непосредственно данных является иерархической (рис. 3). На верхнем уровне классификации

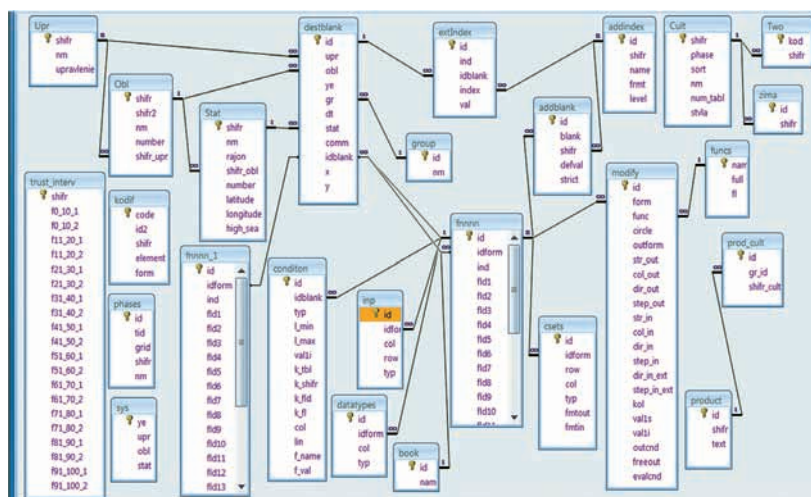


Рис. 2. Состав и структура базы данных local.mdb

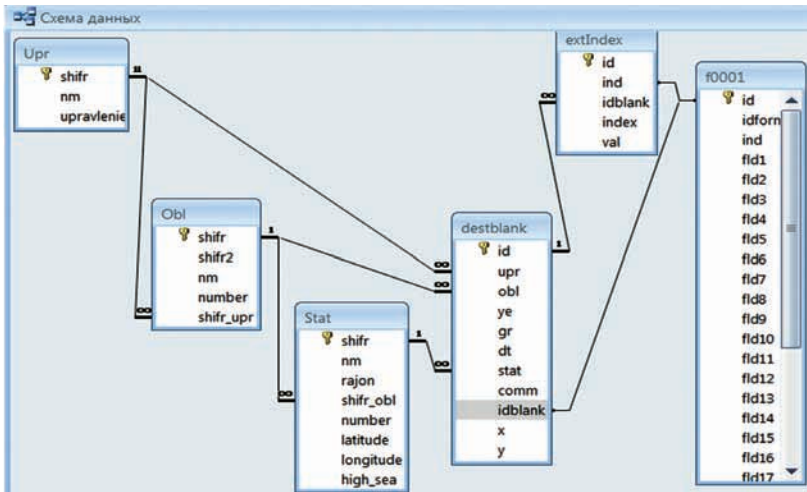


Рис. 3. Фрагмент базы с таблицами базы первичных данных

информация группируется по значениям территориальных признаков (УГМС и ЦГМС, станция (пост). На втором уровне – по значениям временных (сельскохозяйственный или календарный год) признаков. На следующем уровне иерархии расположены классы (совокупности данных), соответствующие видам наблюдений, которые в свою очередь классифицируются по определённым совокупностям культур или каких-либо ключевых параметров. Классы этого уровня в свою очередь имеют иерархическую структуру, которая соответствует дальнейшей классификации данных по пространственным (наблюдательный участок) и ключевым характеристикам, внутренним для программ наблюдений, а также по именам элементов или группам имён. На верхних уровнях классификация идёт только по значениям совокупности данных с фиксированным значением некоторого признака, верхняя часть дерева является однородной – все поддеревья, исходящие из узлов одного уровня, имеют идентичную структуру. На нижнем уровне за счёт классификации по множеству признаков и ключевых параметров дерево является неоднородным и достаточно сложным.

Накопление данных отчётов производится в базе БДО.mdb (рис. 4), функционирующей в среде MS Access.

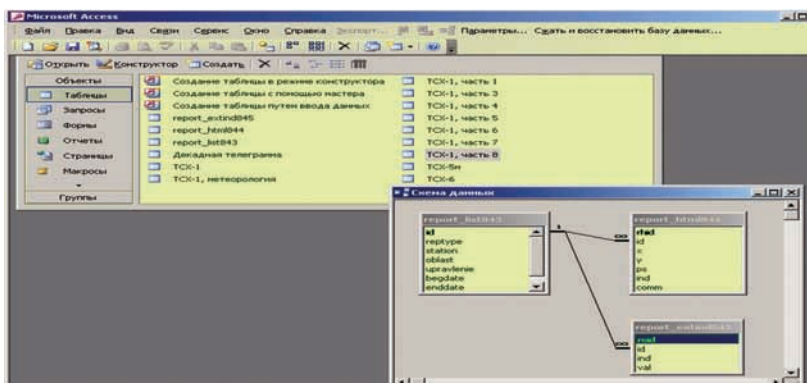


Рис. 4. Состав и структура БДО.mdb

База данных отчётов формируется в виде связанных таблиц:

- **report_list843** – значение ключевых параметров к каждому отчёту;
- **report_html844** – команды языка HTML, которые вставляются в отчёты;
- **report_extind845** – дополнительные ключевые параметры к отчётам ТСХ-6м.

Таблицы, содержащие данные конкретных отчётов: декадная телеграмма, ежедневная телеграмма, таблицы ТСХ-1 (полная), а также отдельно каждая из девяти частей таблицы ТСХ-1, ТСХ-4м, ТСХ-5м, ТСХ-6. Имя таблицы в БДО соответствует названию отчёта. Всего формируется 17 видов отчётов и несколько видов справок.

Связь с таблицами ключевых параметров осуществляется через индексы, определяемые схемой связи. Состав и структура базы данных БДО, а также схема связи таблиц базы данных отчётов представлены на рис. 4.

Внедрением комплекса достигнуто значительное сокращение времени и ручного труда специалистов на обработку агрометеорологической информации, формирование оперативной продукции. Средствами контроля обеспечивается качество накапливаемых баз первичных данных.

В настоящее время комплекс эксплуатируется во всех ЦГМС и в 75 % пунктов наблюдательной сети Росгидромета. Сложности,

препятствующие внедрению комплекса на всей наблюдательной сети, заключаются в первую очередь в слабой оснащённости агрометеорологической сети компьютерной техникой.

В процессе внедрения и эксплуатации комплекса постоянно проводится модернизация алгоритмов и программного обеспечения процессов ввода, обработки данных, формирования отчётов. Пополняется сервисная компонента базы первичных данных. Разрабатываются новые виды отчётов. Совершенствуется интерфейс. Разработан принцип трёхуровневого контроля информации. Реализован контроль первого уровня и частично второго уровня.

С 2018 года на сети функционирует версия 2.4.11, содержащая упомянутые виды доработок, а также доработки, связанные с вводом в действие «Изменений № 2 РД 52.33.217–99» – к Наставлению, вып. 11.

Совершенствование интерфейса

По просьбе сетевых пользователей дополнена возможность установить для создаваемого отчёта оптимальные с точки зрения пользователя вид, размер и цвет шрифта, толщину и цвет контуров таблиц. На панели формирования отчётов создана настройка **«Внешний вид»** – в вызываемом меню (рис. 5) имеется возможность установить при создании отчётов желаемые параметры.

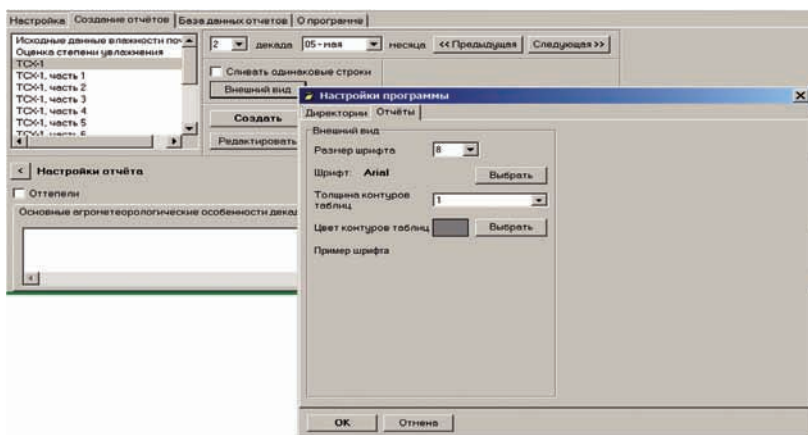


Рис. 5. Вызов окна настроек «Внешний вид»

Новое в блоке ввода и обработки данных наблюдений

- Разработана функция, позволяющая производить расчёты параметров, в формулах расчёта которых задействованы величины, размещаемые в нескольких формах, имеющих сложную и неоднородную структуру.
- Разработана процедура автоматизированной настройки на год основного периода вегетации зимующей культуры и компоновки данных определённых видов наблюдений за сельскохозяйственный год.
- Полностью автоматизирована обработка таких видов наблюдений, как определение структуры урожая зерновых и зернобобовых культур, прироста растительной массы трав, результатов снегосъёмок и др.
- Для ЦГМС, в которых формирование БД по данным наблюдений станций и постов производится непосредственно в ЦГМС, разработана возможность в формах ввода сохранять в графах автоматизированно рассчитанные параметры в случае, когда нет форм ввода, содержащих исходные данные для их расчёта.
- Для форм ввода, содержащих первичные и рассчитываемые параметры по определению влажности растительной массы трав и влажности зерна зерновых культур, разработана возможность переноса рассчитанных значений параметров из одной формы в другую в случае проведения наблюдений за одной и той же культурой на двух и более участках одновременно.
- Разработано форматирование файла при открытии отчётов, сохранённых в виде html-файлов, редакторами OpenOffice и LibreOffice.

Новое в генераторе отчётной продукции

- Разработан отчёт «ГТК», осуществляющий расчёт гидротермического коэффициента (ГТК Селянинова) – показателя увлажнения территории.
- В таблице ТСХ-1м переработан алгоритм занесения информации о промерзании почвы с учётом особенности занесения данных регионов с наличием вечной мерзлоты.

- Для формирования ТСХ-6м разработаны три варианта:
 - формирование таблицы по отдельному участку двумя способами;
 - формирование всех таблиц ТСХ-6м за указанный месяц по всем культурам и участкам одновременно.

Первый способ – формирование таблицы по отдельному участку – предназначен для формирования стандартной таблицы ТСХ-6м по данным станций, на которых не проводится автоматизированный контроль влажности почвы.

Вторым способом формируются таблицы ТСХ-6м на станциях, на которых проводится контроль влажности почвы по методу, изложенному в РД 52.33.559–2010. В этом случае формируется таблица из двух страниц, дополненная разделами «ПАРАМЕТРЫ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ (в мм продуктивной влаги)» и «Оценка степени увлажнения почвы (OSU)».

Вариантом «ТСХ-6, все» одновременно осуществляется формирование всех таблиц ТСХ-6м за указанную декаду (или месяц) по всем культурам и участкам. В процессе формирования отчёты записываются в БДО как в виде общего отчёта, так и в виде отдельных отчётов по каждому участку за каждый месяц. Каждый из этих отчётов из БДО в рабочем окне «База данных отчётов» можно вызвать для просмотра, редактирования или вывода на печать. Текстовый же вариант «ТСХ-6, все» записывается одним файлом в виде общего отчёта.

Вариант и способ формирования таблицы определяется в «Настройках отчёта» (рис. 6).

Переработан блок импорта данных БД

Дополнительно разработаны:

1. Импорт в БД информации из таблиц ТМС и ТМП. Причём в случае импорта данных пунктов, на которых не установлен ПТК **ARMAGRO**, формы ввода для размещения импортируемой информации формируются программой автоматически.

2. Перемещение в процессе импорта каждого импортированного файла в одну из вложенных папок **ARMAGRO\import\imported** или **ARMAGRO\import\TMS\imported**, каждая из которых создаётся автоматически.

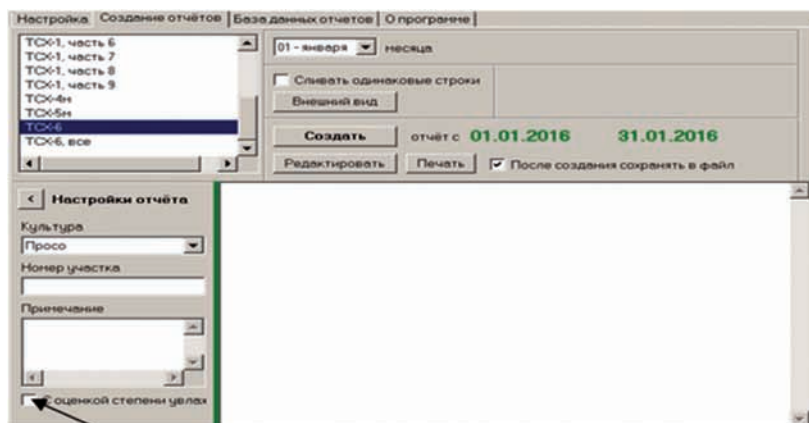


Рис. 6. Меню настройки отчёта «ТСХ-6м»

3. Диагностика и выдача сообщения об ошибках синтаксиса в файлах экспорта в описании полей форм ввода данных или сервисных таблиц базы.

4. Возможность уточнения в процессе импорта названия пункта при неполном совпадении названия в списке станций базы local.mdb и в ТМС и ТМП.

5. В рабочем окне, вызываемом опцией «Импорт» (рис. 7), новое: поле «**Тип импорта**», флажок «**Импорт всех файлов**», кнопка «**Доп настройки**».

Поле «**Тип импорта**» предназначено для выбора из выпадающего списка вида файлов для импорта: с данными БД или таблиц ТМС и ТМП (рис. 7). После выбора в поле «**Список файлов импорта в выбранной папке**» появится список импортируемых файлов.

Импорт файлов проводится двумя способами: каждого файла по отдельности или всех файлов сразу одним щелчком мыши по опции «**Импорт**». Способ определяется присутствием либо отсутствием галочки во флажке «**Импорт всех файлов**».

Если в списке станций базы local.mdb присутствует два пункта наблюдений с одинаковым названием (обычно это станция и пост), в процессе импорта появляется сообщение, представленное на рис. 8. Щелчком мыши по нужному пункту делается выбор – данные импортируются в выбранный пункт.

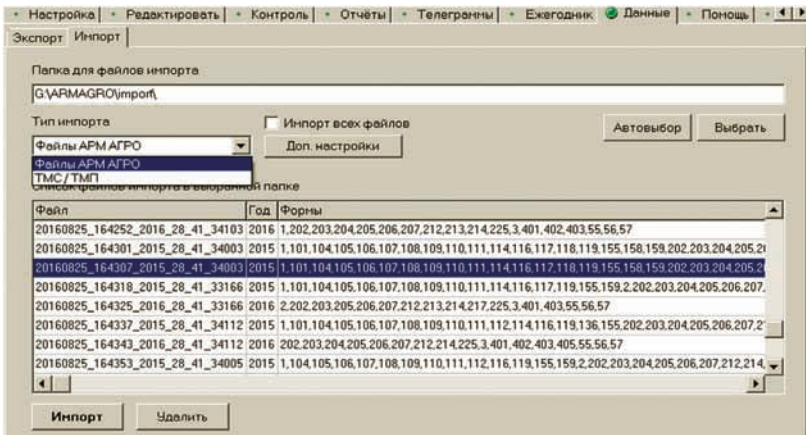


Рис. 7. Рабочее окно для проведения импорта данных

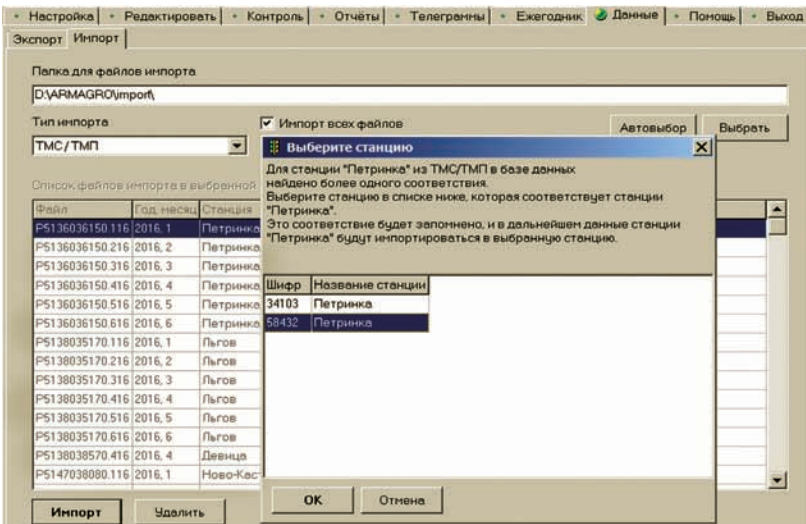


Рис. 8. Выбор пункта для импорта данных

В случае не полного совпадения названий пунктов наблюдения в списке станций базы local.mdb в таблицах ТМС в процессе импорта предоставляется возможность указать в выпадающем списке пункт, в который следует импортировать данные (рис. 9).

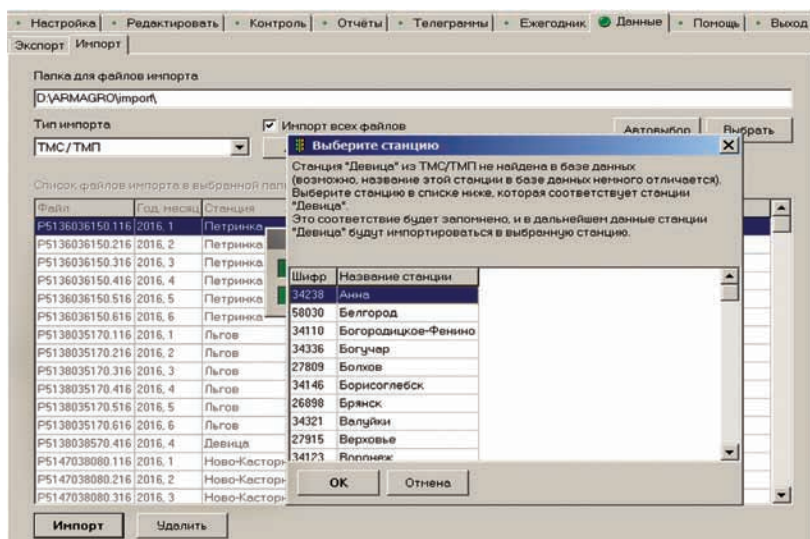


Рис. 9. Выбор пункта для импорта данных

В результате диагностики файлов экспорта выдаются сообщения об ошибках синтаксиса в описании полей форм ввода данных или сервисных таблиц базы (рис. 10).

В процессе импорта каждый импортированный файл перемещается в одну из вложенных папок **ARMAGRO\import\imported** или **ARMAGRO\import\TMS\imported**, которые создаются автоматически. Адрес папки регулируется кнопкой «Доп настройки».

Если при импорте какого-либо файла возникла ошибка, то данный файл остаётся в папке **ARMAGRO \import** или **ARMAGRO\import\TMS**. При этом появляется сообщение о том, что файл не

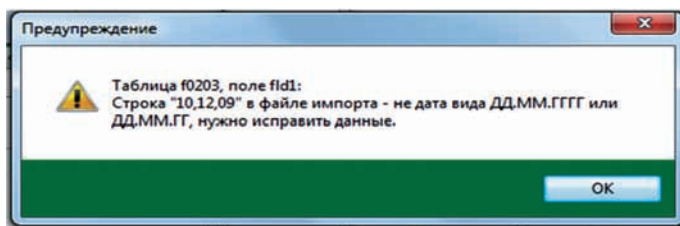


Рис. 10. Сообщение об ошибке в импортируемой информации

импортируется с указанием причины. Если причина устранима, вносятся исправления, если же не устранима, то на наблюдательный пункт отправляется запрос о внесении исправлений в информации.

Автоматизированный контроль

В настоящее время в АРМ разработан контроль 1-го уровня на стадии ввода данных в ПК (рис. 11 и 12), а также контроль второго уровня на стадии формирования таблицы ТСХ-6м. В общей сложности контролем первого уровня проводится диагностика ошибок около 200 параметров.

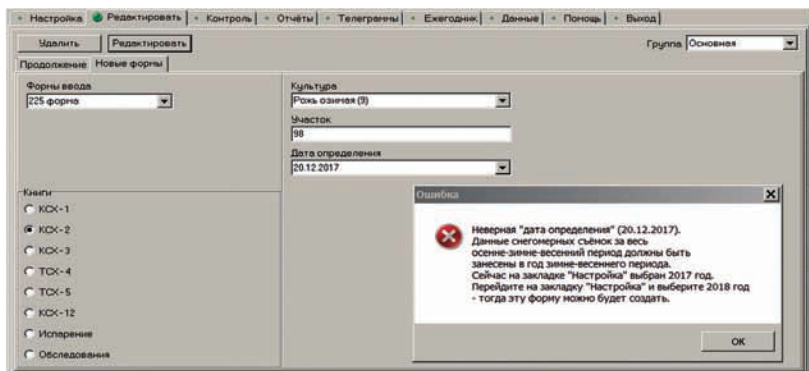


Рис. 11. Сообщение об ошибке при формировании формы ввода 225

188 форма [Фаза развития, оценка состояния, засоренность]; Пашенца озимая; Участок: 121; КК: 1

Дата	Оценк состо: балл	Засор	Фаза развития			Кол-во растений, вступ				Примечание(причина снижения оценки и др.)
			Шиф	Охват фазой	Наименование	1-й	2-й	3-й	4-й	
31.08.2016	4	0			н ф н					
02.09.2016		0			н ф н					
04.09.2016		0			н ф н					
06.09.2016		0	13	13	3-й лист					1
08.09.2016		0	13	48	3-й лист					5
10.09.2016	4/4	0	13	80	3-й лист					9
10.09.2016	4/4	0	03	10	кущение					1
12.09.2016		0	03	38	кущение					2
12.09.2016	4/4	0	02		образование					
14.09.2016	4/3	0	03	60	кущение					5
16.09.2016		03	75		кущение					7
20.09.2016	4/4	0		100	н ф н	10	10	10	10	

188 форма [Фаза развития, оценка состояния, засоренность]; Пашенца озимая; Участок: 121; КК: 1

Рис. 12. Сообщение об ошибке заполнения полей 7–10

При выявлении ошибки выдаётся сообщение специалисту для критического анализа и принятия решения о внесении исправлений, а также предлагаются рекомендации по их устранению или процедура по автоматизированному внесению исправлений (рис. 11, 12).

Для многоступенчатого контроля параметров влажности почвы по методике РД 52.33.559–2010 (разработка ФГБУ «ВНИИСХМ») [7] разработан блок, включающий сервисные, алгоритмические и программные решения. Блок обеспечивает проверку данных на соответствие критериям допустимых значений влажности почвы в соответствии с шифром зонального типа почвы и корректировку в случае несоответствия допустимым предельным значениям, расчёт верхней и нижней границ доверительного интервала и замену выбранных данных значениями, лежащими за границей интервала, а также восстановление недостающих (пропусков) данных влажности почвы.

Практическое применение комплекса и перспективы

Комплекс реализует функции сбора, обработки данных наблюдений, формирования отчётной продукции и формирования БД и БДО на уровнях: пункт наблюдения (гидрометеорологические станции и посты), ЦГМС, УГМС.

Комплекс ARMAGRO – развивающаяся система [4, 5]. С учётом нужд сети и интеграции технологических решений в комплекс включаются технологии разрабатываемых новых методик наблюдений, методик проведения анализа и контроля информации. Производится модернизация с учётом изменений и дополнений в отраслевых РД (Наставления, Методические указания).

На базе комплекса ARMAGRO осуществлена разработка программно-технологического комплекса АГРО-ЕЖЕГОДНИК, позволяющего формировать более 200 таблиц агрометеорологического ежегодника на основе БД и БДО, формируемых комплексом ARMAGRO.

В настоящее время разрабатывается перевод различных частей комплекса ARMAGRO из среды разработки Delphi в среду Lazarus, что позволит использовать для ARMAGRO ОС из семейства

Linux/UNIX. Разрабатывается возможность использования других СУБД, таких как SQLite, PostgreSQL, возможность сохранять отчёты в виде файлов формата LibreOffice/OpenOffice без необходимости установки офисных пакетов, таких как MS Office, LibreOffice или OpenOffice.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пуголовкин В. В., Романенко Л. И. Автоматизированное рабочее место агрометеоролога-наблюдателя (АРМ агрометеоролога) // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 102 – 106.
2. Пуголовкин В. В., Романенко Л. И., Смирнов Д. В., Згура А. Ю. Методические и программно-технологические решения при построении АРМ агрометеоролога-наблюдателя // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. С. 112 – 120.
3. Романенко Л. И., Пуголовкин В. В., Смирнов Д. В., Згура А. Ю. АРМ агрометеоролога-наблюдателя. Методические и программно-технологические решения // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2007. Вып. 36. С. 350 – 362.
4. Романенко Л. И. Состояние разработок и внедрений автоматизированных систем сбора, обработки и накопления агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2010. Вып. 37. С. 228 – 243.
5. Романенко Л. И., Сомова С. М., Згура А. Ю. Развитие и внедрение автоматизированных технологий сбора и обработки режимной агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2013. Вып. 38. С. 357 – 366.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 11, часть 1, книга 1, книга 2. М.: Росгидромет, 2000. 650 с.
7. Контроль данных влажности почвы. РД 52.33.559–2010. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. 15 с.

УДК 551.465.7

О ПЛОТНОСТИ ТРАЕКТОРИЙ И РАЙОНАХ ГЕНЕЗИСА ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ, ВЫХОДЯЩИХ НА ЕВРОПЕЙСКУЮ ТЕРРИТОРИЮ РОССИИ

Н. А. Вязилова¹, А. Е. Вязилов²

¹ ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
nav@meteo.ru

² ФГБУ «НПО «Тайфун», vyazilov@typhoon.obninsk.ru

Введение

В оценке циклонической активности сведения о траекториях внетропических циклонов относятся к числу наиболее распространенных и востребованных показателей наряду с информацией о районах генезиса и затухания циклонов, длине жизни циклонов и путей их передвижения. Известно, что район максимальной плотности траекторий циклонов располагается в юго-западной части Северной Атлантики, в районе Гольфстрима, вдоль побережья Северной Америки и далее распространяется к северо-востоку, достигая Британских островов и Северной Европы [1, 2]. Это так называемая основная область штормтрека Северной Атлантики. Следует отметить, что, согласно выводам авторов работ [3, 4], европейского континента достигает не более 3 % циклонов, зародившихся в основном районе циклогенеза Северной Атлантики; большинство же циклонов, выходящих на территорию Европы, зарождаются в восточной Атлантике. В Европейском регионе основная зона циклонической и штормовой активности проходит через Британские острова, Северное и Балтийское моря и прилегающие к ним районы Европы, что проявляется как в более высоком общем количестве циклонов в данном регионе, так и в большем количестве экстремальных циклонов, сопровождающихся штормовыми ветрами [5].

Другая область максимального количества траекторий циклонов в Европейском регионе находится в районе Средиземного

моря, однако плотность траекторий здесь ниже по сравнению с основной зоной штормов. Циклоны Средиземноморского региона, достигающие территории России и побережья Чёрного моря, или южные циклоны, как часто их называют в научной литературе [6, 7], выделяются интенсивными осадками [8].

В настоящей работе представлено исследование плотности траекторий циклонов, выходящих на Европейскую территорию России в зимнюю и летнюю половину года, а также распределение траекторий циклонов по районам генезиса и длине жизни.

1. Данные и методы исследования

Плотность траекторий циклонов в основном определяется как количество циклонов, проходящих через исследуемый район за определённый промежуток времени, *плотность генезиса циклонов*, или *плотность возникающих циклонов*, – как количество циклонов, зародившихся или имеющих своё начало в данном районе.

Циклоны идентифицируются на основе различных методов, большинство на основе минимума атмосферного давления на уровне моря (MSLP) или максимума относительной завихрённости. Траектории циклонов рассчитываются как ручным способом, так и автоматическим методом. Алгоритм автоматической идентификации и определения траекторий движения циклонов включает процедуры идентификации центров циклонов, вычисления траекторий циклонов и расчёта параметров циклонической активности. В данной работе для идентификации циклонов используются 6-часовые данные атмосферного давления на уровне моря (MSLP) в узлах сетки $2,5 \times 2,5^\circ$ архива Национального метеорологического центра США (реанализа-2 NCAR/NCEP DOE) за период с 1 января 1979 г. по 31 декабря 2018 г. [9].

Процедура идентификации предусматривает выполнение следующих основных требований: 1) значение давления в точке (предполагаемом центре циклона) должно быть меньше по сравнению с окружающими 8 точками; 2) минимальное значение осреднённого градиента давления между центром и окружающими 8 точками должно быть не меньше 0,15 гПа на 100 км;

3) градиент давления между каждой из 8 точек и ближайшими внешними точками должен быть отрицательным. Идентификация циклонов проводится в регионе Северной Атлантики и Европы (30° с.ш. – 80° с.ш., 50° з.д. – 70° в.д.).

Алгоритм вычисления траекторий циклонов включает методы идентификации продолжающихся циклонов (циклонов, идентифицированных в предыдущий срок наблюдения) и вновь образующихся. Процедура контроля циклонических центров и идентификации их принадлежности к уже существующим или новым циклонам включает расчёт дистанции (расстояния) между центрами циклонов, идентифицированными в данный и предыдущий сроки наблюдений, и сравнение этой дистанции с критическим заданным значением. Если рассчитанное расстояние меньше заданного значения, то данный идентифицированный центр циклона относится к уже существующему (с номером n); если расстояние больше заданного, то фиксируется вновь образованный циклон, которому присваивается другой номер. Согласно климатологическим исследованиям, средняя скорость перемещения циклонов в Северной Атлантике в зимний сезон достигает 100 км/ч, поэтому можно предположить, что за 6 часов (время между сроками наблюдения) существующий циклон смещается приблизительно на 600 км. Именно это расстояние в качестве критического принято и в данном исследовании. После идентификации определяется: 1) число циклонов; 2) число центров для каждого циклона; 3) положение центров циклонов (широта, долгота); 4) давление и значение аномалии давления в центре циклона; 5) общее время жизни циклона (число сроков наблюдения, в которые зафиксирован данный циклон). Траектории циклонов выстраиваются в соответствии с номерами циклонов и координатами их центров.

Следует отметить, что исследования, посвящённые расчёту и анализу климатических характеристик циклонической активности, условно можно разделить на две группы: в одной используемые методы включают расчёт траекторий циклонов, в другой – нет. Большинство исследователей стремятся использовать методы, дающие возможность получить информацию о перемещении циклонов в пространстве, длине жизни циклонов, районах их

возникновения и затухания. Используемые методы существенно отличаются друг от друга способами идентификации центров циклонов и алгоритмами расчёта траекторий их смещения [10, 11]. В ряде работ климатические характеристики циклонической активности, представленные для отдельных регионов, вычисляются как интегральные оценки для региона исследования по точкам сетки, в которых были обнаружены центры циклонов, например в [12], без анализа траекторий смещения циклонов. Эти исследования дают возможность получить интегральную оценку циклонической активности в регионе исследования, однако не дают информации о генезисе и затухании циклонов. В предыдущих работах авторов настоящей статьи [5, 8, 13, 14] были представлены климатические интегральные оценки циклонической и штормовой активности, рассчитанные на основе описанного выше метода, без анализа траекторий смещения циклонов, но дающие представление о количестве и интенсивности циклонов (центров), в том числе экстремально глубоких, повторяемости штормовых циклонов и циклонов с различной интенсивностью осадков в различных районах и широтных зонах Северной Атлантики и Европы в зимнюю и летнюю половину календарного года.

Для расчёта плотности траекторий циклонов в европейском регионе России из всей группы идентифицируемых циклонов для каждого месяца были отобраны траектории циклонов, проходящих через данный регион (47° с.ш. – 67° с.ш., 30° в.д. – 60° в.д.) и имеющих длину жизни от двух суток и более. Аналогичный критерий длины жизни циклона был использован в [2]. По ежемесячным значениям было рассчитано количество траекторий циклонов, выходящих на территорию России, в зимнюю (с октября по март) и летнюю (с апреля по сентябрь) половину года для каждого календарного года периода исследования.

По координатам начальных точек траекторий отобранных циклонов была рассчитана многолетняя плотность генезиса циклонов в узлах сетки исследуемого региона, построены карты её пространственного распределения для зимней и летней половины года. Для сравнения количества циклонов, пришедших на территорию России из разных районов, по значениям многолетней

плотности генезиса циклонов в узлах сетки была рассчитана интегральная плотность генезиса циклонов для отдельных восьми районов региона (табл. 1): двух районов зоны умеренных широт (U1 и U2), двух районов зоны южных широт (SW, SE), двух океанических районов (AN, AS), регион полярных широт (P) и Европейская территория России (EP).

Таблица 1

**Распределение интегрального количества траекторий циклонов с длиной жизни от двух суток и более, выходящих на территорию европейской части России в зимнюю и летнюю половину года за период исследования с 1979 по 2018 год, по районам генезиса циклонов (положению начальных точек траекторий).
Обозначения в таблице: 1 – все траектории циклонов,
2 – глубокие циклоны (пояснение в §2)**

Районы генезиса	Октябрь – март		Апрель – сентябрь	
	1	2	1	2
U1 (50n – 65n, 10w – 10e)	79	47	70	55
U2 (50n – 65n, 10e – 30e)	194	137	209	169
AN (50n – 65n, 50w – 10w)	16	7	9	2
AS (35n – 50n, 50w – 10w)	15	8	22	16
SW (35n – 50n, 10w – 20e)	80	39	122	76
SE (35n – 50n, 20e – 60e)	146	67	138	67
P (65n – 80n, 50w – 60e)	66	31	55	38
ER (50n – 65n, 30e – 60e)	159	114	149	112
ВСЕГО:	755	450	774	535

2. Результаты исследования

О плотности траекторий циклонов. Расчёт интегрального количества траекторий циклонов, наблюдавшихся на территории России в течение всего периода исследования, показывает (табл. 1), что общее количество циклонов в зимнюю и летнюю половину года примерно одинаковое и составляет, соответственно, 755 и 774 траектории.

Число экстремально глубоких циклонов, то есть циклонов, имеющих за период жизни хотя бы раз давление в центре 970 мбар и менее, равно 450 (59 %) и 535 (69 %).

Графики межгодовой изменчивости количества циклонов демонстрируют (рис. 1), что на территории России в зимнюю и летнюю половину года действительно наблюдается практически одинаковое количество циклонов, которое составляет около 20–25 траекторий за сезон, то есть в среднем примерно 3–4 траектории в месяц. При этом экстремально глубокие циклоны как в зимние, так и летние месяцы, составляют значительную долю от общего количества траекторий, в отдельные годы достигающую 80 %.

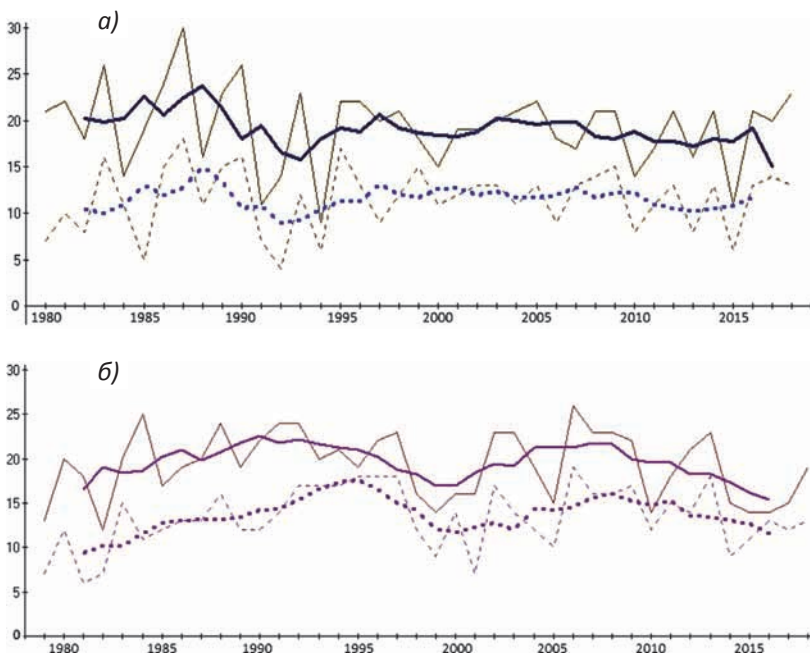
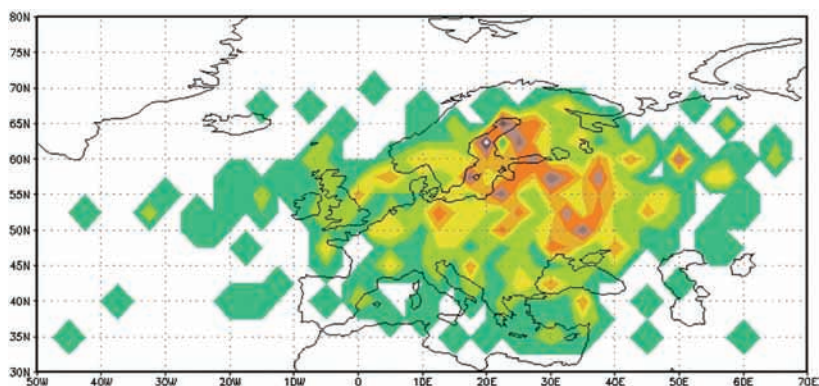


Рис. 1. Количество траекторий циклонов, выходящих на территорию России в зимнюю (а) и летнюю (б) половину года. Обозначение: сплошные линии – общее количество траекторий; точки – количество траекторий циклонов, имеющих за длину жизни хотя бы раз давление в центре 970 мбар и менее; жирные линии – скользящие средние за 5 лет.

Максимальным количеством циклонов отличились зимние сезоны 1982/83, 1986/87, 1989/90, 1992/93 и 1994/95 гг. и летние сезоны 1984, 1988, 1992, 2006 и 2013 гг. Минимальное количество циклонов наблюдалось в зимние сезоны 1984/85, 1991/92, 1993/94, 2009/10 и 2014/15 гг. и в летние сезоны 1981, 1982, 2001, 2010 и 2014 гг.

О районах генезиса циклонов. Карты пространственного распределения многолетней плотности генезиса циклонов (рис. 2),

а)



б)

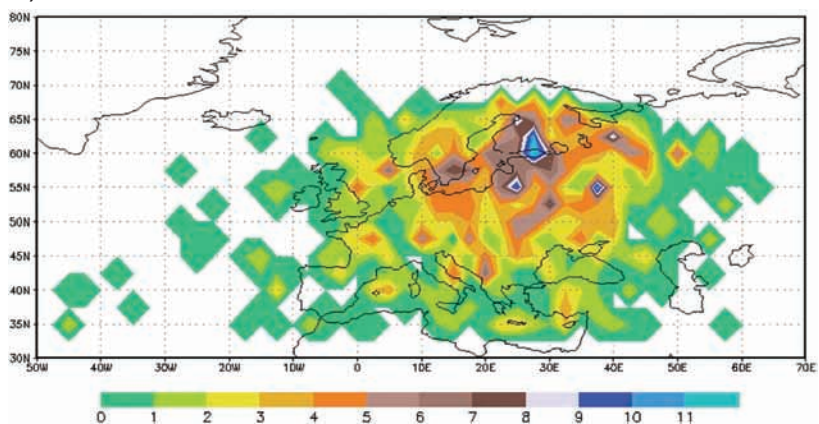


Рис. 2. Многолетняя плотность генезиса циклонов, выходящих на Европейскую территорию России, в зимнюю (а) и летнюю (б) половину года за период исследования с 1979 по 2018 год

рассчитанной за весь период исследования, показывают, что циклоны, приходящие на территорию европейской части России, могут зарождаться в различных районах Северной Атлантики и Европы.

Плотность генезиса циклонов на территории Европы, а также в районах прилегающих морей, в летнюю половину года существенно выше по сравнению с зимней. Максимальная плотность генезиса циклонов и в зимнюю, и в летнюю половину года наблюдается в регионе Балтийского моря и Скандинавского п-ова, достаточно высокое количество циклонов возникает в районе Британских островов и Северного моря, а также в южных широтах Средиземного и Чёрного морей.

Расчёт интегрального количества траекторий циклонов по районам генезиса показывает (табл. 1), что, действительно, более трети всех циклонов, выходящих на территорию России, а именно более 36 %, берёт начало в основной европейской зоне штормтрека умеренных широт (273 – в зимнюю половину года, 279 – в летнюю). Из них большая часть циклонов (194 и 209) зарождается в районе Балтийского моря и Скандинавского п-ова, остальные – в районе Британских островов и Северного моря. 30 – 33 % траекторий начинается в южных широтах – в западной (SW) и в восточной (SE) части Средиземноморского региона.

Следует отметить, что повышенная плотность генезиса циклонов может быть связана как с зарождением большого количества новых циклонов, так и с регенерацией старых, затухающих.

Высокие значения плотности генезиса наблюдаются не только в основных районах штормтрека, но и в континентальных районах России, где зарождается или регенерируется пятая часть всех циклонов (21 % в зимние месяцы и 19 % – в летние). Из полярных широт на территорию России приходит менее 10 % циклонов (66 – в зимние месяцы, 55 – в летние). Количество циклонов, берущих своё начало на акватории Атлантики (районы AN и AS), невелико – всего 62 траектории за весь период исследования, однако эти циклоны отличаются продолжительной длиной жизни (табл. 2). Большая часть атлантических циклонов, а именно 48 траекторий, имеет длину жизни более 4 суток, 16 из них – более 6 суток.

Продолжительность жизни некоторых атлантических циклонов превышает 10 суток.

Таблица 2

**Плотность циклонов, выходящих на территорию европейской части РФ, по районам генезиса и продолжительности жизни (в часах), в зимнюю и летнюю половину года за период исследования с 1979 по 2018 год
(1: 48 – 96 ч, 2: 97 – 144 ч, 3: > 144 ч)**

Районы генезиса	Октябрь – март			Апрель – сентябрь		
	1	2	3	1	2	3
U1 (50n – 65n, 10w – 10e)	50	24	5	61	7	2
U2 (50n – 65n, 10e – 30e)	175	18	1	196	12	1
AN (50n – 65n, 50w – 10w)	3	8	5	2	7	0
AS (35n – 50n, 50w – 10w)	2	7	6	7	10	5
SW (35n – 50n, 10w – 20e)	62	14	4	93	25	4
SE (35n – 50n, 20e – 60e)	127	18	1	132	6	0
P (65n – 80n, 50w – 60e)	59	7	0	51	4	0
ER (50n – 65n, 30e – 60e)	154	4	1	145	4	0
ВСЕГО:	632	100	23	687	75	12

О длине жизни циклонов. Продолжительность жизни циклонов – одна из наиболее востребованных характеристик в анализе циклонической активности. Прежде всего эта характеристика используется для отбора циклонов и формирования выборок для дальнейшего их анализа. Выбор критерия длины жизни циклонов влияет на величину средних композитных, а также многолетних характеристик циклонической активности. Для оценки интенсивности циклонической активности в исследуемом регионе за какой-то период времени наиболее часто отбираются циклоны с длиной жизни от одних суток и более, то есть в выборки включаются практически все циклоны, в том числе и короткоживущие.

Для анализа развития циклонов, особенно экстремально интенсивных, получения характеристик отдельных фаз этого развития отбираются циклоны с длиной жизни не менее двух суток

и более. Расчёт распределения количества циклонов не только по районам генезиса, но и по длине жизни (табл. 2) показывает, что подавляющее большинство отобранных циклонов имеет длину жизни менее четырёх суток, 83,7 % в зимнюю и 88,8 % – в летнюю половину года. Количество циклонов с длиной жизни от четырёх до шести суток составляет, соответственно, 13,2 и 9,7 %. Циклонов с максимальной длиной жизни – более шести суток – сравнительно немного, и на территорию России они приходят с акватории Атлантики, а также регионов Северного и Средиземного моря.

Заключение

Исследование плотности траекторий внетропических циклонов, выходящих на Европейскую территорию России в зимнюю и летнюю половину года, по районам генезиса и длине жизни, проведённое за период с января 1979 по декабрь 2018 года, позволяет сделать следующие выводы.

На Европейскую территорию России в зимнюю и летнюю половину года выходит около 20 – 25 циклонов за сезон. Экстремально глубокие циклоны, как в зимние, так и в летние месяцы, составляют значительную долю от общего количества траекторий, в отдельные годы достигающую 80 %.

Из всех циклонов, выходящих на территорию России, более 36 % как в летний, так и зимний сезон, берёт начало в основной европейской зоне штормтрека умеренных широт, 30 – 33 % траекторий начинается в южных широтах – в западной и восточной части Средиземноморского региона. Из полярных широт приходит менее 10 % циклонов, с акватории атлантического океана – около 4 % циклонов. Около 25 % циклонов зарождается или регенерируется на территории России.

Подавляющее большинство циклонов, выходящих на территорию России, имеет длину жизни менее четырёх суток. Максимальной продолжительностью жизни отличаются циклоны, зарождающиеся на акватории Северной Атлантики и в западной части Средиземного моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Whittaker L. M., Horn L. H.* Northern hemisphere extratropical cyclone activity for four mid-season months // *J. Climatol.* 1984. Vol. 4. P. 297 – 310.
2. *Hoskins B. J., Hodges K. I.* New Perspective on the Northern Hemisphere Winter Storm Tracks // *J. Atmos. Sci.* 2002. Vol. 15. P. 1041 – 1061.
3. *Wernli H., Schwerz C.* Surface cyclones in the ERA-40 data set (1958–2001). Part 1: Novel identification method and global climatology // *J. Atmos. Sci.* 2006. Vol. 63. P. 2486 – 2507.
4. *Dacre H. F., Gray S. L.* The Spatial Distribution and Evolution Characteristics of North Atlantic Cyclones // *Mon. Wea. Rev.* 2009. Vol. 137. P. 99 – 115.
5. *Вязилова Н. А., Вязилов А. Е.* О штормовых циклонах в Северной Атлантике // *Метеорология и гидрология.* 2014. № 6. С. 19 – 27.
6. *Казначеева В. Д., Шувалов С. В.* Климатические характеристики средиземноморских циклонов // *Метеорология и гидрология.* 2012. № 5. С. 41 – 52.
7. *Trigo I. F., Davies T. D., Bigg G. R.* Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region // *J. Climate.* 1999. P. 1685 – 1996.
8. *Вязилова Н. А., Вязилов А. Е.* Климатические особенности повторяемости циклонов с различной интенсивностью осадков в Северной Атлантике и Европе // *Труды ВНИИГМИ-МЦД.* 2018. Вып. 182. С. 119 – 128.
9. *Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.-K., Hnilo J. J., Fiorino M., Potter G. L.* NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 2002. Vol. 83. P. 1631 – 1643.
10. *Hanson C. E., Palutikof J. P., Davies T. D.* Objective cyclone climatologies of the North Atlantic – A comparison between ECMWF and NCEP reanalyses // *Climate Dyn.* 2004. Vol. 22. P. 757 – 769.
11. *Sickmuller M., Blender R., Fraedrich K.* Observed winter cyclone tracks in the Northern Hemisphere in reanalysed ECMWF data // *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 2000. Vol. 126. P. 591 – 620.
12. *Zhang X., Walsh J., Zhang J.* Climatology and Interannual Variability of Arctic Cyclone Activity: 1948 – 200 // *J. Climate.* 2004. Vol. 17. P. 2300 – 2317.
13. *Вязилова Н. А.* Циклоническая активность и колебания циркуляции в Северной Атлантике // *Метеорология и гидрология.* 2012. № 7. С. 5 – 14.
14. *Вязилова Н. А., Вязилов А. Е.* Об экстремальной циклонической активности в Северной Атлантике // *Метеорология и гидрология.* 2012. № 11. С. 5 – 14.

УДК 551.553.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКОРОСТИ ВЕТРА НА ВЫСОТАХ ДО 600 – 650 МЕТРОВ ПО ПРИЗЕМНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

А. В. Хохлова

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
anna_x@meteo.ru*

Введение

Для решения различных прикладных задач (ветроэнергетика, проектирование различного направления и др.) необходимо знание климатических характеристик скорости ветра в нижнем приземном слое атмосферы. Обычно это высоты 100 – 150 м, но в отдельных случаях требуется знание климатических характеристик ветра и на более высоких уровнях – до 500 м и выше. Зачастую характеристики ветра требуется определить в регионах, где отсутствуют аэрологические наблюдения, но имеются наземные метеорологические станции, сеть которых значительно шире, чем сеть аэрологических станций. Отсюда возникает задача об исследовании возможности восстановления скорости ветра на высотах по приземным измерениям.

Исследованиям скорости ветра в пограничном и приземном слое уделяется значительное внимание, поскольку сведения о скорости ветра нужны для задач ветроэнергетики, переноса примеси и ряда других. Существенную роль при этом играют характеристики подстилающей поверхности, в первую очередь – параметр шероховатости.

Автором выполнен цикл исследований климатических закономерностей изменения скоростей ветра с высотой [3, 4]. Приведены результаты анализа характеристик ветра в приземном слое атмосферы, которые могут быть использованы при разработке ветроэнергетического кадастра. Они получены в результате систематизации и обобщения аэрологических данных и регулярных

наблюдений за скоростью ветра на различных высотах нижнего слоя атмосферы с использованием высотных мачт. Рассмотрены способы определения параметра шероховатости. Согласно [4], способы определения параметра шероховатости можно разделить на три группы: по данным о вертикальном профиле скорости ветра, по визуальным или картографическим данным о местности и по данным о турбулентности. При этом необходимо учитывать масштаб явления или процесса, для которого предполагается использовать полученное значение параметра шероховатости.

Наиболее часто для оценки параметра шероховатости используются данные о ветре в нижнем слое атмосферы. Определению параметра шероховатости в различных условиях посвящено большое количество работ: для горных районов [11], над морской поверхностью [9], в городских условиях [10], по аэрологическим измерениям. В [12] по данным ультразвукового анемометра получены оценки коэффициента шероховатости при разных направлениях ветра.

В [6] предложен метод расчёта скорости и направления ветра в нижнем 300-метровом слое атмосферы по данным стандартных метеорологических наблюдений с учётом зависимости показателя степени в степенном законе от гидростатической устойчивости слоя и шероховатости земной поверхности. Метод основан на использовании энергобалансовой модели приземного слоя SLEB (Surface Layer Energy Balance), созданной для расчета формируемых у поверхности турбулентных потоков по данным стандартных метеорологических наблюдений. Работа направлена на получение характеристик ветра и их изменению в течение короткого периода порядка одних суток.

Целью настоящей работы является оценка возможности восстановления климатических характеристик скорости ветра, включая средние скорости и распределение по направлениям, в нижнем слое атмосферы по приземным наблюдениям.

Метод и данные

Восстановление климатических характеристик скорости ветра выполняется на основе известных зависимостей скорости ветра в

приземном слое от высоты и формул Экмана для поворота ветра в пограничном слое. Коэффициенты, входящие в формулы возрастания скорости ветра с высотой, определяются по многолетним аэрологическим данным без учёта стратификации пограничного слоя. Далее по независимой выборке с учётом полученных коэффициентов рассчитываются скорости и направления ветра на высоте, которые сравниваются с соответствующими измеренными величинами. Ниже приведено более детальное описание метода восстановления характеристик ветра.

Для определения средней скорости ветра в приземном слое до нескольких десятков метров применяются различные эмпирические зависимости скорости ветра от высоты – логарифмический закон или степенной закон [2]. Эти зависимости позволяют оценить скорость ветра V на высоте Z , если известна скорость ветра V_f на высоте Z_f :

$$V = V_f \cdot \left(\frac{Z}{Z_f} \right)^a,$$

$$V = V_f \frac{\ln \left(\frac{Z}{k_0} \right)}{\ln \left(\frac{Z_f}{k_0} \right)}.$$

Здесь V – скорость ветра на высоте Z ; V_f – скорость ветра на высоте флюгера Z_f ; a – показатель степени; k_0 – параметр шероховатости.

Значения показателя степени a обычно принимают в пределах значений от 0,2 до 0,4. Величина параметра шероховатости зависит от характера подстилающей поверхности и локализации точки. По разным оценкам параметр шероховатости изменяется в широких пределах: от миллиметров для гладкой песчаной поверхности до 2 – 3 м – в центрах больших городов.

Кроме этих, достаточно простых зависимостей, существуют и другие, более сложные. Но при этом следует иметь в виду, что, чем сложнее закономерность и чем больше параметров входит, тем труднее получить оценку этих параметров, поэтому

для восстановления скорости ветра на высотах в настоящей работе используются только приведённые выше закономерности, в каждую из которых входит только один параметр.

Для определения направления скорости используется методика, предложенная автором ранее [7]. Направление скорости ветра можно оценить по формулам Экмана [8] при известном значении высоты пограничного слоя:

$$u = u_g e^{-\lambda Z} (1 - \cos(\lambda Z)),$$

$$v = u_g e^{-\lambda Z} \sin(\lambda Z).$$

Здесь u , v – компоненты скорости ветра в системе координат, ориентированной по барическому градиенту (ось u направлена параллельно градиенту давления, т. е. перпендикулярно направлению скорости геострофического ветра); u_g – скорость геострофического ветра; Z – высота над уровнем земли;

$$\lambda = \sqrt{\frac{l}{2k}},$$

где l – параметр Кориолиса; k – коэффициент турбулентной вязкости.

Параметр λ рассчитывается через высоту пограничного слоя Z_p , определяемую как

$$Z_p = \frac{\pi}{\lambda}.$$

Согласно формулам Экмана, ветер в пограничном слое поворачивает вправо, приближаясь к направлению геострофического ветра на верхней границе пограничного слоя, где влияние трения уже не существенно. Суммарный угол поворота направления ветра от высоты флюгера до верхней границы пограничного слоя по разным оценкам составляет 45 – 60 градусов.

Ниже приведено описание алгоритма восстановления скорости ветра и анализ восстановленных климатических характеристик скорости ветра на высотах около 600 м от поверхности земли по приземным данным с использованием измерений на трёх аэрологических станциях.

Восстановление скорости ветра по приземным измерениям сделано с использованием радиозондовых наблюдений трёх станций (Москва, Мурманск и Барнаул) из базового аэрологического массива АЭРОСТАС. Многолетние аэрологические данные хранятся в массивах, формируемых в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» из аэрологических телеграмм, поступающих по каналам связи [5]. В процессе формирования архивных файлов данные проходят процедуры комплексного контроля [1]. Выбор вышеупомянутых станций обусловлен их нахождением в различных географических регионах и наличием качественных данных за длительный промежуток времени.

Для восстановления скорости ветра на высотах необходимо знание коэффициентов степенного или логарифмического законов возрастания скорости ветра с высотой, а также высоты слоя Экмана, который приблизительно равен высоте пограничного слоя. Высота пограничного слоя в данной работе задается значением 1 500 м для Мурманска и Барнаула и 2 000 м – для Москвы.

Коэффициенты a и k_0 , входящие в законы возрастания скорости ветра, определяются по радиозондовым данным за десятилетний период (2008 – 2017 гг.) для каждого календарного месяца по измерениям скорости ветра на нижних уровнях. Более подробное описание алгоритма определения коэффициентов приведено в [7]. В отличие от алгоритма, реализованного в [7], в настоящей работе поставлено ограничение 100 м на минимальную разность высот между уровнями, по данным которых определяются коэффициенты, поскольку здесь речь идёт о больших пространственных масштабах.

Далее, по данным за один год (2018 г.) с использованием только измерений на приземном уровне и полученных коэффициентов рассчитываются скорости и направления на высоте стандартной изобарической поверхности 925 гПа. В среднем это высота примерно 600 м от уровня земли. По восстановленным значениям скорости и направления рассчитывается средняя скорость и роза ветров. Эти характеристики сравниваются с аналогичными, рассчитанными по данным измерений на стандартной изобарической поверхности 925 гПа. Разбивка по месяцам не

производится, поскольку проверка сделана по короткой выборке за один год.

Отметим, что рассмотренный алгоритм не пригоден в случае штиля на приземном уровне.

Параметры степенного и логарифмического законов

В табл. 1 приведены полученные значения показателя степени α (безразмерный) и параметра шероховатости k_0 (в м), определённые по многолетним аэрологическим данным за десятилетний период (2008 – 2017 гг.) по данным трёх аэрологических станций.

Таблица 1

Средние значения параметров зависимостей скорости ветра от высоты по месяцам и за весь период

Месяц	Показатель степени в степенном законе, α			Параметр шероховатости в логарифмическом законе k_0 , м		
	Москва	Мурманск	Барнаул	Москва	Мурманск	Барнаул
1	0,40	0,18	0,30	3,30	0,84	1,93
2	0,37	0,16	0,26	2,93	0,71	1,68
3	0,39	0,19	0,30	3,04	0,75	2,09
4	0,34	0,15	0,25	2,68	0,59	1,73
5	0,28	0,12	0,30	2,09	0,43	2,12
6	0,25	0,11	0,27	1,91	0,39	1,76
7	0,22	0,12	0,30	1,60	0,45	2,01
8	0,24	0,13	0,27	1,86	0,60	1,92
9	0,23	0,16	0,28	1,73	0,64	1,98
10	0,32	0,19	0,33	2,46	0,81	2,47
11	0,36	0,19	0,33	2,92	0,78	2,35
12	0,41	0,21	0,34	3,22	1,02	2,20
За весь период	0,32	0,16	0,29	2,48	0,67	2,02

Средние значения обоих параметров достаточно хорошо согласуются с известными средними значениями. Из таблицы видно также, что оба параметра имеют выраженный годовой ход, при этом максимальные значения обоих параметров имеют место в холодный сезон, минимальные – в тёплый.

Восстановленные и измеренные характеристики скорости ветра

На рис. 1 и 2 показан временной ход нескольких измеренных и восстановленных значений скорости и направления ветра для отдельных зондирований на станции Мурманск за период 14 – 23 марта 2018 года. За этот отрезок времени восстановленные значения скорости ветра были как меньше, так и больше измеренных, в целом повторяя особенности хода измеренных значений.

В табл. 2 даны средние значения и среднеквадратические отклонения измеренной и восстановленной скорости ветра. Также в таблице приведено количество случаев, по которым проводилось восстановление, и средняя высота от поверхности земли, на которую производилось восстановление.

Данные таблицы показывают, что оба способа расчёта скорости ветра работают удовлетворительно и дают приблизительно одинаковые результаты. Каждый метод может давать как завышение, так и занижение средней восстановленной скорости, которые тем не менее находятся в рамках естественной изменчивости.

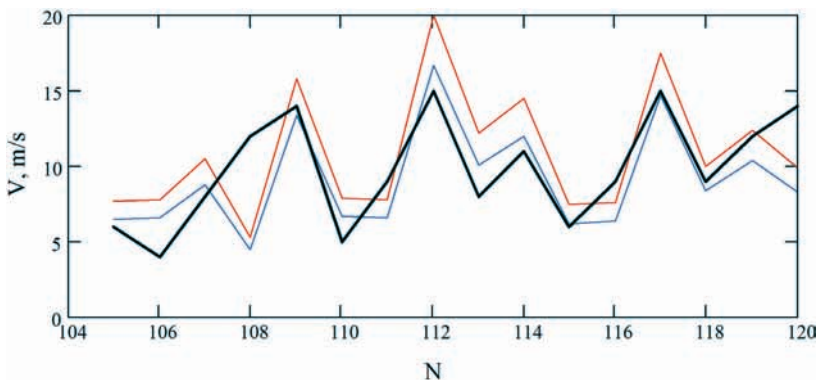


Рис. 1. Временной ход измеренных и восстановленных значений скорости на высоте изобарической поверхности 925 гПа на станции Мурманск за период 14 – 23 марта 2018 года. По оси X – последовательный номер зондирования в общем ряду наблюдений за 2018 год. Чёрным цветом обозначены измеренные значения, красным – восстановленные по логарифмическому закону, синим – восстановленные по степенному закону.

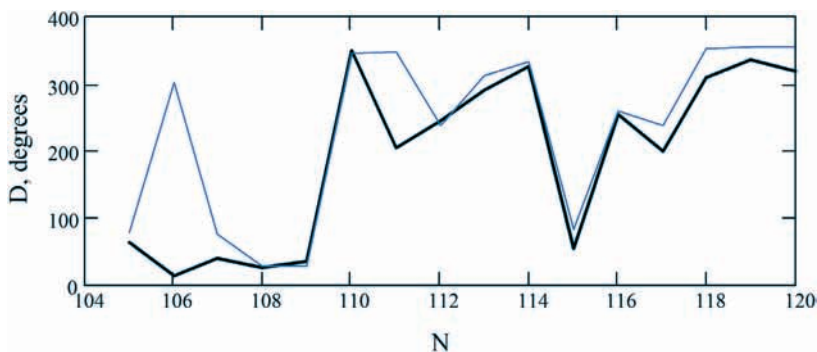


Рис. 2. Временной ход измеренных и восстановленных значений направления ветра на высоте изобарической поверхности 925 гПа на станции Мурманск за период 14 – 27 марта 2018 года.

По оси X – последовательный номер зондирования в общем ряду наблюдений за 2018 год. Чёрным цветом обозначены измеренные значения, синим – восстановленные.

На данном ограниченном материале затруднительно определить, какой из законов лучше восстанавливает скорость ветра на высоте.

Таблица 2

Средние значения (М) и среднеквадратические отклонения (STD) измеренной и восстановленной скорости ветра на высоте изобарической поверхности 925 гПа

Станция	Кол-во случаев	Средняя высота изобары 925 гПа, м	Измеренная скорость, м/с		Восстановленная по лог. закону		Восстановленная по степ. закону	
			М	STD	М	STD	М	STD
Москва	537	587	8,99	4,26	7,45	3,81	7,21	3,98
Мурманск	614	598	9,89	4,61	10,39	5,47	8,02	4,36
Барнаул	691	644	8,42	5,09	9,78	6,83	9,25	6,47

Следует отметить, что в отдельных случаях имеет место существенное завышение восстановленных значений скорости. Это происходит, когда у поверхности земли наблюдается сильный ветер. Так, за срок 12 ч 19 июня на станции Барнаул скорость ветра у поверхности земли составляла 13 м/с, на уровне 925 гПа – 17 м/с, при этом восстановленные значения оказались равными 42,2 и

38,7 м/с. В литературе отмечено, что при больших скоростях ветра логарифмический закон не работает [3].

Для оценки качества восстановленного направления ветра построены распределения скорости ветра по 8 румбам. На рис. 3 показаны розы ветров по измеренным и восстановленным значениям. Как видно, распределение восстановленных значений воспроизводит основные особенности распределений измеренных направлений.

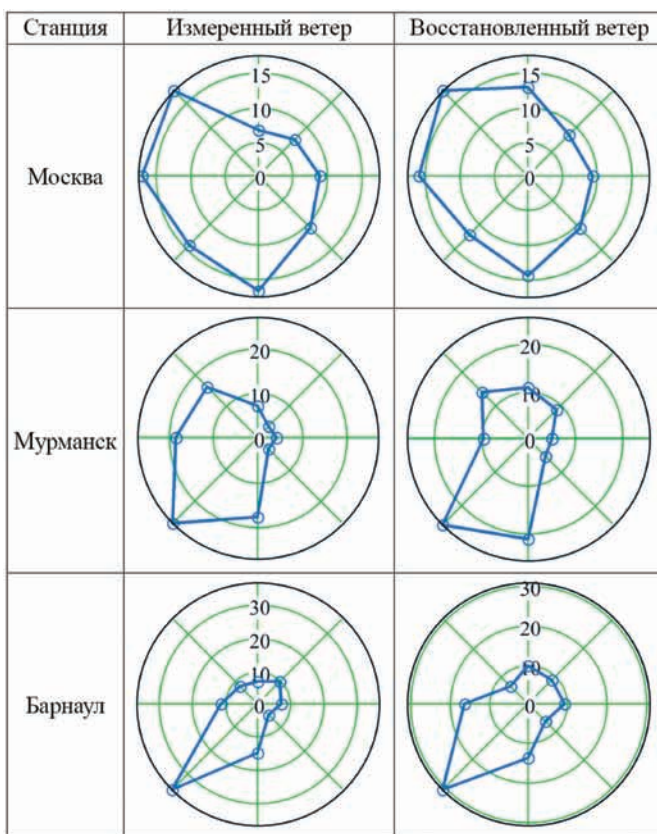


Рис. 3. Распределения по направлениям измеренной и восстановленной скорости ветра (кроме случаев штилей) на высоте изобарической поверхности 925 гПа для трёх станций.

В ряде случаев помимо общего распределения по направлениям необходимы соответствующие оценки для больших скоростей ветра. На рис. 4 показаны аналогичные распределения для скоростей со значениями не меньше 15 м/с. Для станций Мурманск и Барнаул восстановленные преобладающие направления и повторяемости больших скоростей более или менее адекватно отражают наблюдаемую картину. Для станции Москва такого совпадения нет. Возможно, это объясняется сложностью характера подстилающей поверхности в Москве.

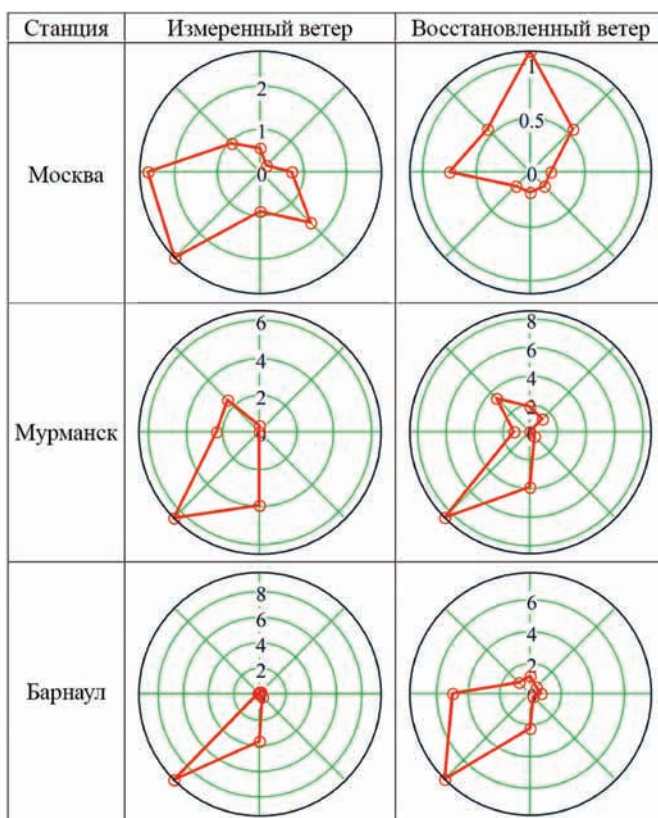


Рис. 4. Распределения по направлениям измеренной и восстановленной скорости ветра со значениями не менее 15 м/с на высоте изобарической поверхности 925 гПа для трёх станций.

Заключение

Рассмотренный метод расчёта скорости ветра на высотах по измерениям у поверхности земли основан на предположении, что известны коэффициенты, входящие в законы возрастания скорости ветра с высотой (параметр шероховатости в логарифмическом законе и показатель степени в степенном законе), и высота пограничного слоя. Метод опробован на многолетних аэрологических наблюдениях трёх станций (Москва, Мурманск, Барнаул). Для этих станций по 10-летним рядам определены коэффициенты, входящие в формулы возрастания скорости ветра с высотой, затем на независимой выборке за один год выполнен расчёт скорости ветра на высоте по приземным измерениям и сверка с измеренными значениями. Метод работает не во всех случаях: при сильных скоростях ветра у поверхности земли значения скорости на высотах оказываются сильно завышены. Однако рассчитанные средние значения скорости и распределения по направлениям показали удовлетворительное совпадение с характеристиками измеренного ветра. Значения рассчитанных коэффициентов также удовлетворительно согласуются с общепринятыми средними значениями.

Таким образом, метод позволяет сделать оценки климатических характеристик скорости ветра на высоте 600–650 м по данным приземных измерений. При необходимости подобных оценок значения коэффициентов следует выбирать исходя из типа подстилающей поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О. А., Черных И. В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Том 1. Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.
2. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 752 с.
3. Рылов А. Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке Европейской территории России для решения задач ветроэнергетики // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 20. С. 89 – 99.

4. Рыхлов А. Б. Ветроэнергетический потенциал на различных высотах приземного слоя атмосферы на юге Европейской территории России // Изв. Саратов. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 30 – 37.

5. Руденкова Т. В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41 – 63.

6. Степаненко С. Н., Волошин В. Г., Курышина В. Ю. Расчёт скорости ветра в нижнем 300-метровом слое атмосферы по данным метеорологических наблюдений с учётом температурной стратификации и шероховатости поверхности // Укр. гідрометеорол. ж. 2016. № 17. С. 23 – 30.

7. Хохлова А. В. Оценка климатических характеристик скорости ветра в приземном слое атмосферы по радиозондовым измерениям // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 19 – 29.

8. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. М.: Изд-во Московского университета, 1986. 328 с.

9. Lange B., Højstrup J., Larsen S., Barthelmie R. Comparison of sea surface roughness models for offshore wind power utilization // https://www.researchgate.net/publication/238670364_COMPARISON_OF_SEA_SURFACE_ROUGHNESS_MODELS_FOR_OFFSHORE_WIND_POWER_UTILISATION.

10. Lim J., Ooka R., Kikumoto H. Wind velocity profile observations for roughness parameterization of real urban surfaces // ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/nomtm2-1-2451261_a.pdf.

11. Ólafsson H. Surface roughness and local winds // Hrvatski meteorološki časopis. 2005. Vol. 40, N 40. P. 709 – 712. <https://hrcak.srce.hr/64951>.

12. Sozzi R., Favaron M. Method for Estimation of Surface Roughness and Similarity Function of Wind Speed Vertical Profile // J. Appl. Meteorol. 1998. Vol. 37. P. 461 – 469.

УДК 681.518:551.5

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЕЖЕГОДНИКА ПО СНЕЖНОМУ ПОКРОВУ И СОЗДАНИЯ ФАЙЛОВ АРХИВНОГО ХРАНЕНИЯ В АВТОНОМНОМ ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ПЕРСОНА СНП

Т. П. Правосудько¹, Е. В. Амельченко², Л. А. Волкова³

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,*

¹ ptp@meteo.ru, ² amelchenko@meteo.ru, ³ vla@meteo.ru

Введение

Необходимость мониторинга состояния и изменения составляющих климатических характеристик окружающей среды не вызывает сомнений. Одной из таких характеристик является снежный покров. Степень влияния снежного покрова на изменения климатических условий жизни человека и социальной среды трудно переоценить. Регулярный контроль изменений параметров снежного покрова особенно важен для Российской Федерации, вся территория которой в зимний период практически полностью покрывается снежным покровом, что естественным образом влияет как на температуру окружающей среды, так и на величину и масштаб весенних паводков или на степень пожароопасности при недостатке увлажнения почвы.

Режимные наблюдения над снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением характеристик снежного покрова и периодических снегосъёмок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, балки, овраги).

Для отслеживания информации о режиме и изменчивости снежного покрова требуются наиболее полные данные о наличии всех изменений, фиксируемых сетью наземных наблюдений. Источником таких сведений и может стать новый Ежегодник по снежному покрову, а также его аналог – архив в форматах хранения данных в ЕГФД, поскольку комплект таблиц

Метеорологического ежегодника по снежному покрову содержит годовые обобщения и выводы по всему перечню наблюдаемых, расчётных, обобщённых и экстремальных данных по снежному покрову за холодный период двух смежных календарных лет в целом по всем источникам метеорологических данных всех УГМС наблюдательной сети Росгидромета.

Описание технологии формирования таблиц Ежегодника и архивных ЯОД-файлов в формате «SNPOKROV»

Усовершенствование технических и технологических решений накопления и передачи данных наблюдений, а также отсутствие в Госфонде отдельного вида архива с полной информацией по снежному покрову по данным наблюдений, формируемой в Ежегодниках по снежному покрову, востребованных для решения прикладных задач и обслуживания потребителей, обусловило необходимость разработки представленной здесь технологии.

Технология формирования комплекта таблиц Ежегодника по снежному покрову и ЯОД файлов для ЕГФД по снежному покрову в автономном программном комплексе ПЕРСОНА СНП разработана в рамках укрупненной научной задачи: 1.2.6 «Развитие и интеграция информационно-телекоммуникационных систем и технологий сбора, обмена, обработки, предоставления и распространения информации о состоянии окружающей среды на территориальном, региональном и международном уровнях» по теме 1.2.6.4 «Модернизация технологий первичной обработки и формирования режимной гидрометеорологической информации с учётом модернизации наблюдательных сетей Росгидромета с целью регулярного пополнения Единого государственного фонда данных Росгидромета. Технические решения и эксплуатационная документация».

Данная технология обеспечивает дополнительную обработку проконтролированных и обобщённых ежемесячных порций режимной метеорологической информации станций и постов одного УГМС, поступивших из наблюдательной сети Росгидромета, формирование по ним комплекта таблиц Ежегодника по снежному покрову в электронном виде и создание архивных

файлов «SNPOKROV» в формате ЯОД ПЭВМ для долговременного хранения [1].

Автономный программно-технологический комплекс ПЕРСОНА СНП является функциональным расширением автоматизированной системы первичной обработки текущей режимной информации метеорологических станций ПЕРСОНА МИС на ПЭВМ под управлением ОС Windows. Комплекс предназначен для формирования комплекта таблиц Метеорологического ежегодника по снежному покрову и создания архивных файлов для долговременного хранения этих данных.

Технология формирования файлов с данными Ежегодника по снежному покрову в целом за зимний сезон (за холодный период двух смежных календарных лет), а также архивных файлов для долговременного хранения в формате ЯОД ПЭВМ «SNPOKROV», является завершающим этапом цикла первичной обработки режимной метеорологической информации (данных о снежном покрове), от накопления и контроля информационных ресурсов, поступающих от различных источников данных, до преобразования их в формат, обеспечивающий долговременное хранение и объединение накопленных ресурсов и регулярно поступающих с сети данных в единый специализированный архив.

На рис. 1 приведена общая схема технологии, включающая все основные этапы обработки данных.

Перечень функций, реализуемых в рамках технологии

ПТК ПЕРСОНА СНП представляет собой ряд независимых консольных приложений, функционирующих под управлением единого интерфейса. Каждое консольное приложение выполняет либо один из этапов технологического процесса, либо одну из сервисных функций. Подробное описание технологического процесса приведено в [2].

Запуск консольных приложений осуществляется в соответствии с выбранным пунктом меню или выделенной кнопкой диалогового окна. Взаимосвязь между модулями осуществляется только на уровне входных и выходных потоков. Выбор входных данных и направление выходного потока для каждого

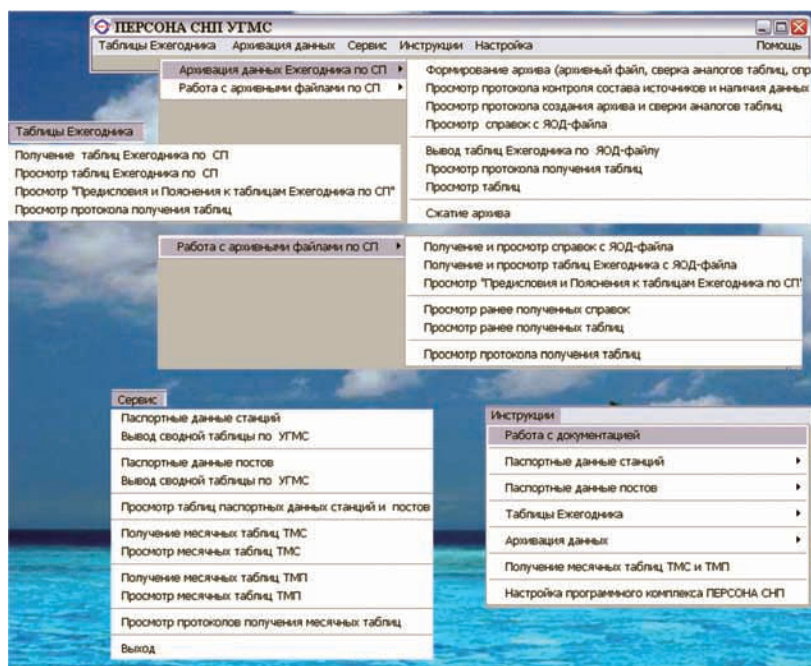


Рис. 1. Рабочий стол программно-технологического комплекса ПЕРСОНА СНП

консольного приложения осуществляется посредством диалога с пользователем, для чего были сформированы специальные экранные оконные формы.

ПТК ПЕРСОНА СНП обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Получение и вывод в электронном виде комплекта таблиц Метеорологического ежегодника по снежному покрову, сформированного за холодный период двух смежных календарных лет, в том числе:

- подготовку заказа на обработку выбранной порции данных и формирование таблиц Ежегодника;
- контроль наличия и полноты исходных данных, выдачу соответствующих сообщений для пользователя;

- формирование комплекта таблиц Ежегодника по выбранным и отмеченным в заказе источникам данных (по входным информационным массивам).

2. Формирование файлов архивного хранения с годовыми обобщениями по снежному покрову в формате «SNPOKROV», в том числе:

- формирование заказа на архивацию данных;
- подготовку исходных массивов к записи в архивный файл;
- контроль наличия и полноты исходных данных, выдачу соответствующих сообщений для пользователя;
- формирование аналогов таблиц Ежегодника по выбранным и отмеченным в заказе источникам данных (по входным информационным массивам);
- формирование записей выходного архивного ЯОД-файла;
- сортировку информационных массивов по заданным ключам;
- формирование архивных файлов данных в формате «SNPOKROV» (выходная продукция);
- чтение вновь созданного архивного ЯОД-файла и преобразование данных в отдельные массивы с промежуточным переформатированием данных;
- формирование аналогов таблиц по полученным на предыдущем шаге массивам с записью в рабочую папку;
- сверку данных аналогов таблиц, полученных по ЯОД-файлу, с данными аналогов таблиц Ежегодника, полученными по массивам исходных данных;
- формирование текстовых файлов-протоколов, содержащих список массивов, включённых в выходной файл и список отсутствующих источников данных по паспортным массивам, дающих представление о полноте информации в файле унифицированного формата, а также сведения о наличии данных в таблицах Ежегодника по каждому из источников данных (станции или поста) в выходном файле;
- интерактивное взаимодействие с пользователем при прохождении этапов технологического процесса с помощью графического интерфейса;

- просмотр протоколов процесса архивации, поиск причин возникновения нестандартных ситуаций, корректировка данных в исходных массивах (при необходимости) и повтор процедуры формирования выходного файла данных.

Кроме выполнения основных технологических этапов ПТК располагает рядом сервисных функций, связанных с анализом содержания формируемых комплектов таблиц Ежегодника по снежному покрову и создаваемых файлов долговременного хранения режимной метеорологической информации.

Работа программных приложений основных этапов технологии (формирования комплекта таблиц Ежегодника и создания архивного ЯОД-файла) начинается с загрузки входных данных в программный комплекс.

Входными данными для ПТК являются файлы, содержащие результаты обработки режимных данных станций и постов в автоматизированных системах ПЕРСОНА МИС (WIN) и ПЕРСОНА МИП (WIN) за холодный период двух смежных календарных лет. Проконтролированные и обобщённые ежемесячные порции режимной метеорологической информации одного УГМС представлены во внутреннем формате автоматизированных систем.

К входным данным также относятся массивы паспортных данных или условно-постоянных характеристик метеорологических станций и постов, сформированные в автоматизированных системах ПЕРСОНА-МИС и ПЕРСОНА МИП.

Процессы формирования комплекта таблиц Ежегодника и ЯОД-файла формата «SNPOKROV» предваряются формированием заказа на обработку, который создается в режиме интерфейса при работе пользователя с соответствующим диалоговым окном. Программа формирования заказа создает идентификатор будущего выходного файла, осуществляет настройку программ комплекса ПЕРСОНА СНП на входные форматы данных, которые подлежат обработке, и настройку всех служебных файлов, сопровождающих выбранную порцию данных в процессе обработки.

Поскольку входные данные станций и постов представлены отличающимися форматами, имеющими свою структуру записей и последовательность расположения элементов, то технологический

этап «Формирование заказа» на вывод таблиц Ежегодника или на архивацию данных разделен на параллельные блоки: «станции за период», «посты за период» и указание собственно временного периода наблюдений, за который должны быть сформированы данные, то процесс обработки информации предполагает прохождение программ по разным цепочкам с последующим объединением данных в единый массив.

Интерфейс процесса формирования заказа для этапа получения таблиц Ежегодника приведён на рис. 2.

На следующем шаге к выполнению подключаются программы контроля полноты, наличия и состава исходных данных в заказанных массивах. Выделенные входные информационные массивы (включённые в заказ) проверяются на принадлежность к определённому УГМС и к соответствующему периоду наблюдений (указанному временному периоду). Массивы данных с характеристиками, указанными в расширении имени, и не соответствующими заданным параметрам в интервале временного холодного периода, при формировании заказа игнорируются. Исходные

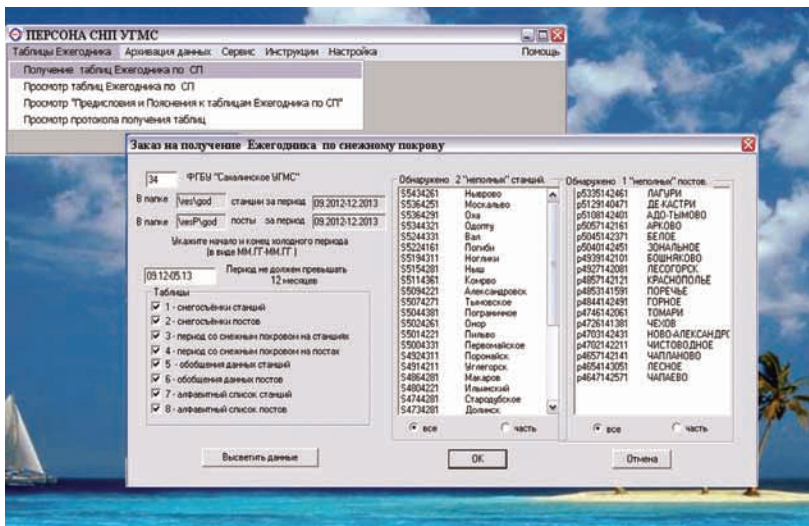


Рис. 2. Интерфейс процесса формирования заказа для этапа получения таблиц Ежегодника по снежному покрову

массивы данных, имеющие нарушение структуры, также игнорируются, и об этом сообщается в протоколе. В листинге «Протокола контроля состава источников и наличия данных» программно формируется список источников данных УГМС, информация которых будет занесена в Ежегодник или ЯОД-файл, и фиксируется наличие массивов с исходными данными о снежном покрове по месяцам наблюдений за архивируемый холодный период.

Этап обработки «Формирование аналогов таблиц Ежегодника по исходным массивам» необходим для получения обобщений по всем заданным пунктам наблюдений и по видам таблиц, подготовки структуры данных в таблицах, а также для контроля структурированной информации записей выходного потока данных.

Процедура просмотра пользователем файла протокола программ контроля состава источников наблюдений и наличия данных, содержащихся в архивном файле, даёт представление о полноте данных в формируемом Ежегоднике и архивном ЯОД-файле.

На рис. 3 приведена схема просмотра протокола этапа формирования таблиц Ежегодника по снежному покрову.

Далее к выполнению поочередно подключаются программы формирования таблиц Ежегодника по отмеченным в заказе источникам данных.

Комплект таблиц Ежегодника по снежному покрову содержит 8 видов таблиц. В нём помещаются декадные и месячные выводы наблюдений за снежным покровом, годовые выводы и обобщения, выборки экстремальных значений метеорологических величин, вычисленные по данным наблюдений за холодный период двух последовательных календарных лет (12 месяцев – от июля до июля) в соответствии с методикой, изложенной в «Наставлениях гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 2, часть I и выпуск 3, часть I, часть II [3].

Таблицы в Ежегоднике являются парными, то есть информация по составу аналогична для станций и постов. Нечётные номера таблиц относятся к данным станций, чётные – к данным постов.

Таблицы 1, 2. Содержат сведения о средней высоте снежного покрова на метеоплощадке по декадам за каждый месяц

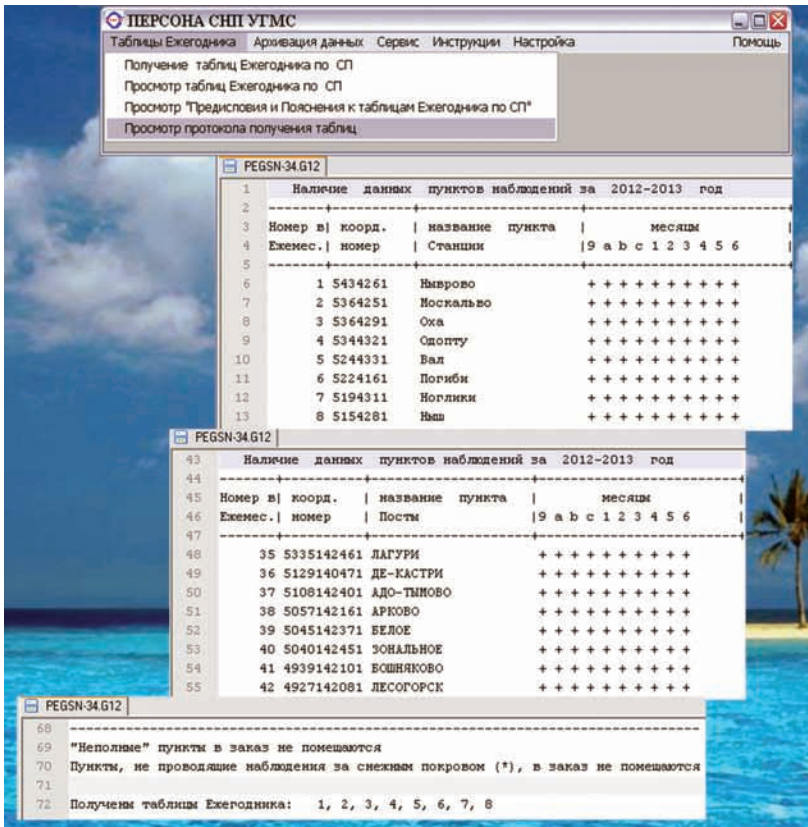


Рис 3. Схема просмотра протокола формирования таблиц Ежегодника по снежному покрову

холодного периода, число дней со снегом и результаты снего-съемок по месяцам за текущий холодный период в целом, относящиеся к двум последовательным календарным годам.

Таблицы 3, 4. Включают сведения о снежном покрове за текущий холодный период по всем источникам данных и его общей за указанный период продолжительности. В таблицах приводятся даты начала и окончания периода со снежным покровом и соответствующая им величина степени покрытия окрестности станции или поста снегом в баллах, а также общая

его продолжительность – количество календарных дней со дня образования до разрушения.

Таблицы 5, 6. Содержат обобщённые сведения о снежном покрове за текущий холодный период в целом, относящиеся к двум последовательным календарным годам. Даты выпадения первого снега и последнего снега, а также даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова в интервале холодного периода.

Таблицы 7, 8. Содержат перечень метеорологических станций и постов, входящих в состав гидрометеорологической сети управления в алфавитном порядке, а также номера источников данных в порядке опубликования их информации в Ежегоднике (по географическому расположению – с севера на юг и с запада на восток) и сведения о высоте станции или поста над уровнем моря и длине маршрутов снегосъёмов по полю, лесу и балкам (оврагам).

Формы таблиц нового Ежегодника по снежному покрову отличаются от аналогичных таблиц Ежегодника, выпускавшихся в УГМС до 1980 года вручную, и максимально приближены к формам таблиц 16, 17 стандартного Метеорологического ежегодника, получаемого на ПЭВМ в системе ПЕРСОНА МИС (Win). Тем не менее они имеют отличия от тех и других:

- в таблицы 1 и 2 введены сведения о средней высоте снежного покрова на метеоплощадке по трем рейкам за все декады каждого месяца холодного периода, дающие полное представление о поведении снежного покрова во времени;
- в таблицы 3 и 4 включены сведения об общей (календарной) продолжительности снежного покрова (количество дней) за текущий холодный период, приводятся также даты начала и окончания периода со снежным покровом и соответствующая им величина степени покрытия окрестности станции или поста снегом в баллах;
- в таблицы 5 и 6 включены сведения о максимальных значениях параметров снегосъёмов за весь холодный период по представленным источникам данных;

- таблицы 7 и 8 составлены отдельно для станций и постов и содержат сведения о наименовании станции или поста, порядковом номере опубликования его данных в Ежегоднике по географическому расположению, высоте станции или поста над уровнем моря и длинах маршрутов производимых снегосъёмок.

Этап формирования архивных ЯОД-файлов формата «SNPOKROV» является одним из основных этапов технологии архивации данных Ежегодника по снежному покрову. Создание файла формата «SNPOKROV» осуществляется программой ArSnр.exe, которая в комплекте с другими программными средствами выполняет весь цикл необходимых для обработки процедур.

Формирование ЯОД-файла ведётся автоматически в интерактивном режиме и сопровождается выдачей экранных сообщений выполняемых программ и протоколом, содержащим сведения о массивах данных, входящих в архивный файл, и перечнем массивов, не записанных в архивный файл, с указанием причин, не позволивших включить их в выходной файл. На рис. 4 приведён интерфейс этапа формирования архивного файла в формате «SNPOKROV» и вывода по нему справочной информации.

Работа таких приложений, как: «Чтение созданного файла формата «SNPOKROV» с разбиением единого информационного массива на отдельные файлы данных по видам таблиц и записью их в рабочий каталог, «Вывод аналогов таблиц Ежегодника по снежному покрову» и «Сверка данных таблиц, полученных по архивному файлу, с информацией таблиц, сформированных по массивам исходных данных», в данной технологии предназначена для контроля структуры и качества выходных данных, представленных в записях ЯОД-файла, то есть для контроля записанных в архивные файлы данных на соответствие информации Ежегодника, полученной по исходным данным.

Этап «Получение справочной информации по ЯОД-файлу». Справочная информация, полученная в процессе создания ЯОД-файлов, является частью документации, сопровождающей файлы формата «SNPOKROV» при передаче данных в ЕГФД, а также служит дополнительными данными для визуального контроля пользователем процесса формирования архивных файлов.

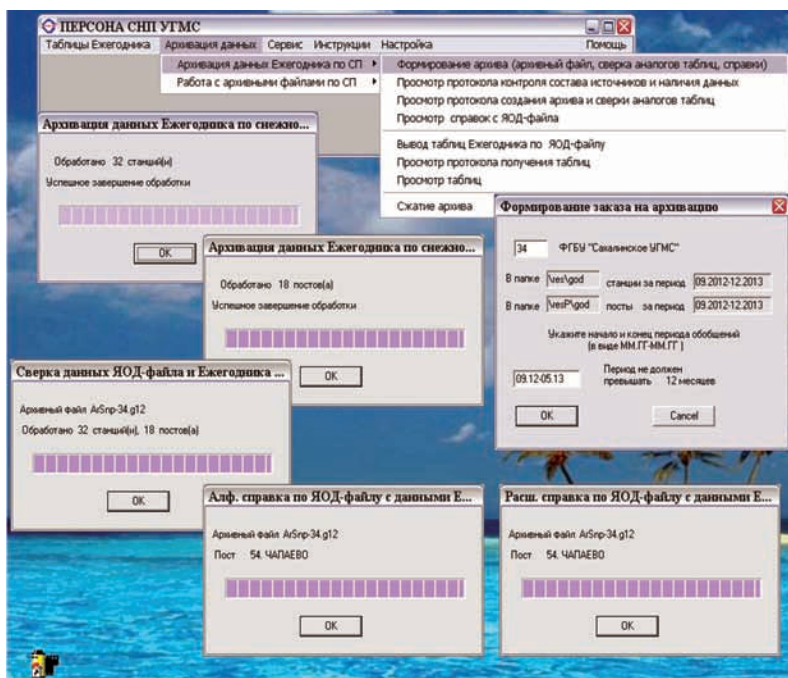


Рис 4. Интерфейс этапа формирования архивных файлов данных в формате «SNPOKROV» и вывода по ним справочной информации

На рис. 5 приведена схема просмотра протокола создания архива и сверки аналогов таблиц.

Далее с вновь сформированного архивного файла берётся так называемая «расширенная» справка, содержащая сведения о наличии либо отсутствии записей каждого вида. Форма «расширенной» справки для информации станций приведена на рис. 6.

Получение «расширенной» справки и анализ её содержания даёт обработчику представление о полноте и качестве данных в сформированном ЯОД-файле, поскольку сам процесс получения «расширенной» справки представляет собой чтение всех записей архивного файла с контролем типа и длины каждой записи, порядкового номера опубликования данных источника в Ежегоднике по географическому расположению, его имени и прочих ключевых параметров.

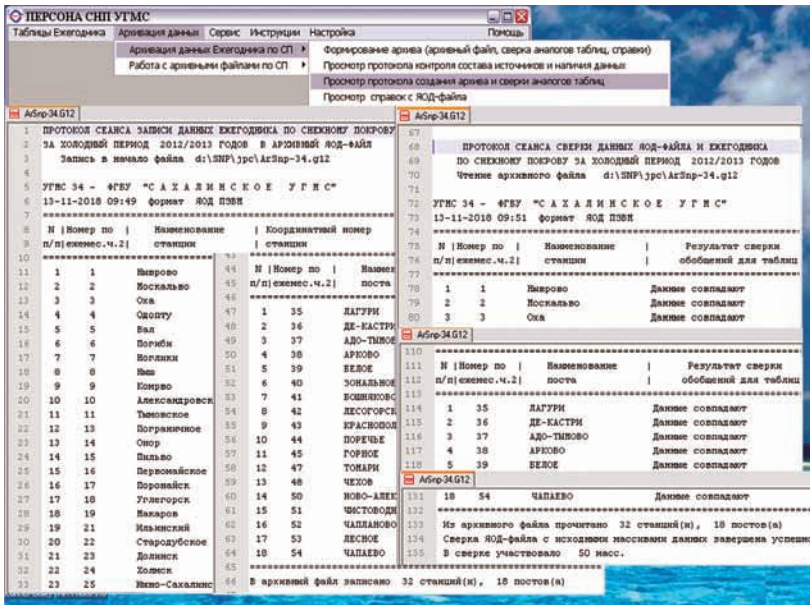


Рис 5. Схема просмотра протокола создания архива и сверки аналогов таблиц

Кроме «расширенной» справки выводится «алфавитная справка о массивах в ЯОД-файле». Справка содержит перечень источников данных, информация которых включена в архивный файл, а также сведения о том, за какой холодный период сформирован выходной архивный файл.

Схема просмотра справок, полученных с архивного файла данных, приведена на рис. 6.

Технология ПЕРСОНА СНП обладает достаточно простым и понятным интерфейсом, а также располагает целым рядом сервисных функций, связанных с анализом содержания формируемых файлов долговременного хранения информации по снежному покрову и табличным представлением обработанных результатов наблюдений.

Сервисное приложение «Работа с архивами», помимо дополнительного контроля ранее сформированных архивных файлов, позволяет выполнять чтение и выборки данных из файлов архива,

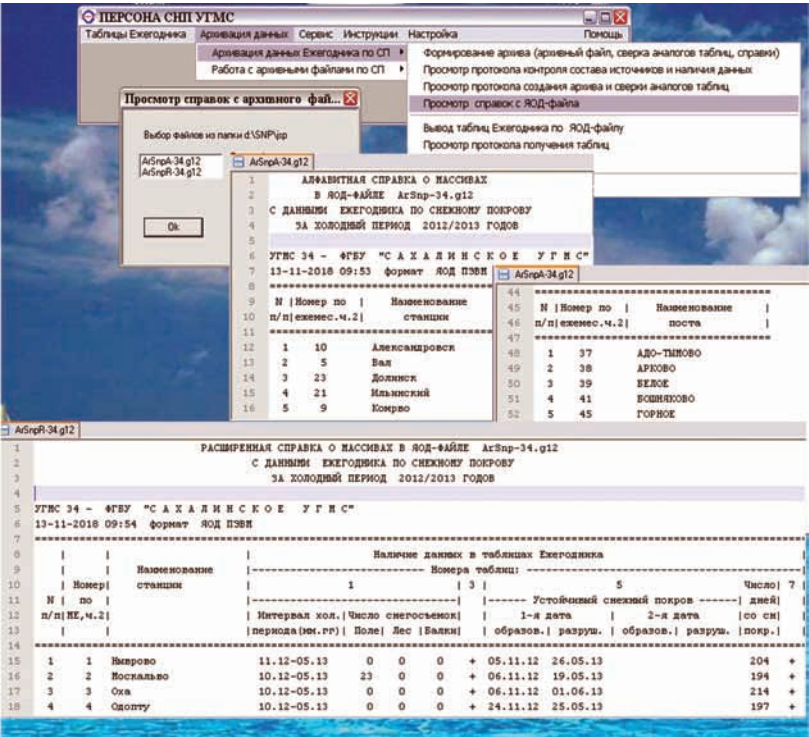


Рис 6. Схема просмотра справок с архивного файла данных

что является важной компонентой технологии, обеспечивающей оперативное обслуживание потребителей данной информации в УГМС, поскольку предоставляет возможность развертывания составляющих массивов архивного файла, формирования по ним таблиц Ежегодника с последующей их записью в папку рабочего каталога в файл с именем, соответствующим номеру УГМС и холодному периоду наблюдений и выборки из них информации как по отдельным видам наблюдений, так и одиночных параметров.

На рис. 7 приведён интерфейс этапа работы с архивными файлами по снежному покрову.

Часто при анализе расчётов данных сформированного Ежегодника пользователю может потребоваться более детальное рассмотрение условий формирования снежного покрова на той или

покрова на той или иной станции или на посту в каком-то определённом месяце. Особенно это актуально для районов с неустойчивым снежным покровом, где часто отмечаются затяжные тёплые осени, тёплые зимы, а также в случаях позднего появления снежного покрова (в январе, феврале) или неоднократного залегания устойчивого снежного покрова вследствие оттепелей в середине зимы, а также при раннем разрушении устойчивого снежного покрова (в декабре).

Программные средства сервисных приложений также позволяют осуществлять «Просмотр таблиц ТМС и ТМП», «Просмотр паспортных данных станций и постов» и «Вывод сводных таблиц паспортных массивов всех станций и постов по УГМС».

Заключение

Таким образом, представленная выше технология формирования Ежегодника по снежному покрову и ЯОД-файлов с данными Ежегодника по снежному покрову в автономном программном комплексе ПЕРСОНА СНП для ЕГФД и технологические решения, заложенные в ней, позволят при её внедрении и эксплуатации в УГМС Росгидромета осуществлять комплексную обработку всего спектра первичных метеорологических данных по снежному покрову, поступающих с наблюдательной сети РФ, и сформировать уникальный дисциплинарный архив для ЕГФД, что в свою очередь сделает обобщённые за холодные периоды двух смежных календарных лет данные доступными для исследования научной общественностью.

Мониторинг изменений параметров снежного покрова и оценка его текущего состояния предоставляет основу для решения различных научных и прикладных задач, а также позволяет отслеживать и прогнозировать характер изменений в окружающей среде. Эти знания нужны научной общественности для того, чтобы понять причины и последствия природных явлений, оценить будущие возможные сценарии развития событий и своевременно оповещать население о необходимости проведения работ по удержанию снега на полях для предохранения почвы от чрезмерного выхолаживания и от вымерзания озимых посевов или о грядущих разливах рек, паводках и прочих явлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM-PC-совместимых ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1996. Вып. 160. С. 41 – 54.
2. *Программно-технологический комплекс* формирования Ежегодника по снежному покрову метеорологической информации станций и постов за холодный период двух смежных календарных лет и файлов архивного хранения в формате «SNPOKROV» (краткое название «ПЕРСОНА СНП») (Общее описание технологии). Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2018. 34 с.
3. *РД 52.04.614–2000* Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, часть 2 «Обработка материалов метеорологических наблюдений». СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. 120 с.

УДК 551.515:656.13

ДИНАМИКА ВОЗДЕЙСТВИЙ УСЛОВИЙ ПОГОДЫ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

**А. Ю. Рыбанова¹, Л. Н. Воробьева¹,
А. А. Фокичева², А. А. Коршунов³**

¹ ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
aribanova@meteo.ru;

² ФГБОУ ДПО ИПК Росгидромета;

³ г. Обнинск

Введение

Автотранспорт можно рассматривать как сложную социальную и экономическую систему, которая включает в себя непосредственно дорожную сеть, а также поток транспортных средств, осуществляющих передвижение по территории и городам России в производственных и личных интересах. Автотранспортная система постоянно находится под воздействием условий погоды, чувствительна к климатическим условиям, и тем самым к климатическим изменениям.

Важность исследования проблемы дорожной метеорологии в России, которая отличается разнообразием и сложностью погодно-климатических условий, подтверждалась во многих публикациях, в частности [5, 9, 12], а также работами, выполняемыми в ГГО и других ведущих научных организациях Росгидромета и России в целом.

Как показано во многих публикациях, автотранспорт занимает третье место по числу случаев воздействия на него опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды (ОЯ и НУП) [3, 8]. Здесь под воздействием понимается влияние гидрометеорологической среды на объекты социально-экономической системы, имеющее негативные последствия для

данной системы. Так, в 2009–2017 гг. был зафиксирован 2391 случай воздействия ОЯ и НУП на автотранспорт. За этот же период в сельском хозяйстве зафиксировано 2479, а в электроэнергетике – 2820 случаев воздействия опасных условий погоды. Уровень воздействия на экономику (степень опасности последствий проявлений погодных условий для данной отрасли экономики) отражается в пороговых значениях критериев неблагоприятных и опасных условий погоды; соответственно, пороговые значения, определяющие опасные и благоприятные условия погоды, определяются производственными процессами внутри отрасли экономики (вида экономической деятельности) и указаны в отраслевых нормативных документах.

Отметим, что в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД) выделены такие виды деятельности, как транспорт и связь¹ – водный, воздушный, сухопутный (автотранспорт, железнодорожный транспорт, трубопроводный транспорт); сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; производство и распределение электроэнергии, газа и воды. Если следовать этим видам экономической деятельности, то за период с 2009 по 2017 год имели место 3775 случаев воздействия ОЯ и НУП на транспорт и связь, 2947 случаев – на сельское хозяйство, охоту и лесное хозяйство, а в сфере производства и распределения электроэнергии, газа и воды произошёл 3551 случай воздействия. Таким образом, транспорт и связь выходят на первое место по числу случаев воздействия опасной погоды.

Переход на использование ОКВЭД при анализе воздействия ОЯ на экономику обусловлен необходимостью корректного учёта влияния окружающей среды, в том числе погодно-климатических условий, на состояние национальной экономики. Специалисты ВНИИГМИ-МЦД по заданию Росгидромета на постоянной основе ведут сбор данных территориальных управлений Росгидромета

¹ Согласно ОКВЭД 2019 «Транспортировка и хранение» включает деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта (перевозку пассажиров и грузов по автомобильным дорогам и железнодорожным путям), деятельность водного транспорта, деятельность воздушного и космического транспорта, деятельность по складированию и хранению, деятельность почтовой связи общего пользования.

(УГМС) по экономическому эффекту (ЭЭ) от использования прогнозов погоды и другой гидрометеорологической и климатической информации, обобщают и анализируют эти данные с точки зрения экономической полезности информационной деятельности гидрометеорологической службы России. В соответствии с этими данными, которые носят статус официальных, транспорт и связь занимают первое место – 36,7 % от общего ЭЭ, производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 34,2 %, сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – 9,5 %.

Большинство публикаций, затрагивающих влияние погодных условий на автотранспортную отрасль, посвящено информационному обслуживанию при создании и эксплуатации дорожно-транспортной инфраструктуры и описывают такие вопросы, как разработка интеллектуальных систем метеорологического прогнозирования, идентификация и формализация погодных рисков, применение четырёхцветной системы «светофор» (различных сочетаний вероятности явления (условия погоды) и его потенциального воздействия) для оценки погодных рисков [4, 6, 14].

Однако не менее важным аспектом при рассмотрении проблемы влияния погодных условий на функционирование автотранспортной системы являются количественные оценки экономической полезности использования метеорологической информации, наглядно демонстрирующие выгоды специализированного гидрометеорологического обеспечения.

В настоящей работе представлен анализ сведений об ЭЭ информационной деятельности организаций Росгидромета по обеспечению пользователей транспортной системы в целом, а также автотранспортной системы с учётом ряда аспектов воздействия ОЯ и НУП. Анализ выполнен на основе статистических данных по числу случаев воздействия метеорологических, агрометеорологических и гидрологических явлений: рассматривается распределение числа случаев воздействия погоды по годам, по месяцам, по субъектам РФ, приведена динамика ЭЭ.

1. Основные результаты статистического анализа развития опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды

В настоящее время во ВНИИГМИ-МЦД в соответствии с методическими документами Росгидромета ведётся база данных воздействия ОЯ и НУП, созданная по инициативе сотрудников ВНИИГМИ-МЦД, начиная с 1997 года [1, 7]. Структура и содержание базы данных определены в руководящих документах и методических указаниях Росгидромета (см., например, [10] и другие более ранние документы) и приведены в [2, 13].

Статистические данные по воздействию ОЯ и НУП на социально-экономическую систему, в том числе автотранспортную систему, за разные периоды публиковались многократно, при этом использовались понятия, которые сформулированы в руководящих документах Росгидромета, в [8] и уточнены в настоящей работе.

Случай воздействия – зафиксированное состояние гидрометеорологической среды, приведшее к негативным последствиям со стороны социально-экономической системы. В одном случае воздействия одновременно может отмечаться одна или несколько гидрометеорологических величин и/или явлений погоды, достигших пороговых значений (критериев опасности) и приводящих к одному или множеству нежелательных последствий. Данные по числу случаев воздействия опасных условий погоды формируются следующим образом: если происходит воздействие, которое охватывает несколько субъектов РФ, то оно учитывается в целом по России как один случай. В тех ситуациях, когда воздействие неблагоприятного условия (явления) погоды наблюдается в течение длительного периода времени (например атмосферная засуха продолжительностью несколько месяцев), это также фиксируется как один случай.

Данные по количеству ОЯ и НУП, воздействующих на социально-экономическую систему, формируются следующим образом: если в рассматриваемом случае воздействия наблюдается несколько гидрометеорологических явлений и условий погоды, учитываются только те из них, интенсивность и продолжительность

которых достигает установленных пороговых значений (критериев опасности). Например, происходит воздействие, и в нём наблюдаются четыре явления погоды, которые могут привести к значительному ущербу, при этом два из них достигают критерия ОЯ согласно РД 52.04.563–2013, а два – нет. В этом случае статистика показывает количество ОЯ, равное двум, поскольку два других считаются сопутствующими, усиливающими интенсивность воздействия в виде экономического ущерба, а число случаев воздействия – один случай. Таким образом, количество опасных гидрометеорологических явлений всегда больше, чем число случаев воздействия.

На основе двух показателей интенсивности воздействия, рассмотренных в [6], определяется степень возможного воздействия ОЯ и НУП на население и экономику. Чем выше показатели интенсивности воздействия на население и экономику, тем выше экономические ущербы и социальные потери (гибель людей).

На рис. 1 показано распределение числа случаев воздействия условий погоды на автотранспорт за 1999–2018 гг. и выведено уравнение нелинейного тренда. Отметим, что на функционирование автотранспортной системы прежде всего оказывают воздействие туманы, осадки, критические значения температуры воздуха и скорости ветра, грозы, а также гололёдно-изморозевые отложения.

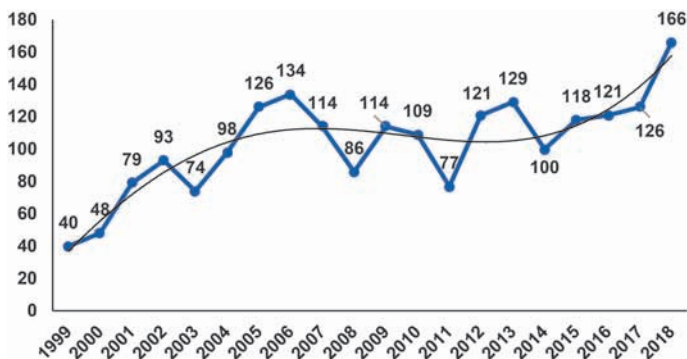


Рис. 1. Распределение числа случаев воздействия условий погоды на автотранспортную систему по годам

Из рис. 1 видно, что с 1999 по 2005 год наблюдается интенсивный рост числа случаев воздействия погоды на автотранспортную систему. Число случаев, нанёсших ущерб, в этот период варьируется от 40 до 126, то есть число случаев воздействия выросло более чем в три раза. Но, начиная с 2006 года, наблюдается некоторая стабилизация воздействия ОЯ и НУП на эту отрасль экономики. Среднее число случаев воздействия за период с 2005 по 2018 год составляет 117, и можно проследить отклонение от среднего в наибольшую или наименьшую сторону. Например, минимальное число случаев воздействия отмечено в 2011 году (77) и отклонение в наименьшую сторону – 40, а максимальное число случаев воздействия наблюдалось в 2018 году (166) и отклонение в наибольшую сторону составило 49. Возможно, это обусловлено экстремальностью проявления условий погоды в 2018 году, причиной которой послужили изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции. По статистике за 2019 год можно будет сформулировать более корректную гипотезу о динамике воздействий ОЯ, учитывающую случайный характер воздействий условий погоды. В табл. 1 приведена статистика по числу случаев воздействия условий погоды на автотранспортную систему по субъектам РФ и их повторяемость в 1999–2008 и 2009–2018 гг.

Таблица 1

**Повторяемость числа случаев воздействия условий погоды
на автотранспортную систему по субъектам РФ и их повторяемость
в 1999–2008 и 2009–2018 гг.**

Субъект РФ	Общее число случаев воздействия	Повторяемость, 1999–2008 гг.	Повторяемость, 2009–2018 гг.
<i>Дальневосточный ЭР*</i>			
Амурская область	26	0,7	1,9
Еврейская АО	7	0,3	0,4
Камчатский край	26	1,5	1,1
Магаданская область	12	0,5	0,7
Приморский край	92	4,5	4,7
Сахалинская область	178	8,1	9,7
Хабаровский край	50	1,5	3,5

Продолжение табл. 1

Субъект РФ	Общее число случаев воздействия	Повторяемость, 1999–2008 гг.	Повторяемость, 2009–2018 гг.
Чукотский АО	52	1,5	3,7
Республика Саха (Якутия)	14	0,4	1
<i>Восточно-Сибирский ЭР</i>			
Республика Бурятия	103	4,2	6,1
Иркутская область	42	1,2	0,3
Красноярский край	191	9,9	9,2
Республика Тыва	16	0,8	0,8
Республика Хакасия	45	2,7	1,8
Забайкальский край	97	4,8	4,9
<i>Западно-Сибирский ЭР</i>			
Республика Алтай	80	3,3	4,7
Алтайский край	152	7,2	8
Кемеровская область	125	6,9	5,6
Новосибирская область	119	6,4	5,5
Омская область	17	0,6	1,1
Томская область	106	6	4,6
Тюменская область	16	0,5	1,1
Ханты-Мансийский АО	10	0,2	0,8
Ямало-Ненецкий АО	6	0,3	0,3
<i>Уральский ЭР</i>			
Республика Башкортостан	28	1,5	1,3
Курганская область	21	1,3	0,8
Оренбургская область	21	0,7	1,4
Пермский край	29	1,4	1,5
Свердловская область	33	1,8	1,5
Удмуртская Республика	7	0,4	0,3
Челябинская область	41	2,1	2
<i>Волго-Вятский ЭР</i>			
Кировская область	20	0,6	1,4
Республика Марий Эл	8	0,3	0,5
Республика Мордовия	9	0,6	0,3
Нижегородская область	22	1,1	1,1
Чувашская Республика	9	0,5	0,4

Продолжение табл. 1

Субъект РФ	Общее число случаев воздействия	Повторяемость, 1999–2008 гг.	Повторяемость, 2009–2018 гг.
<i>Поволжский ЭР</i>			
Астраханская область	8	0,7	0,1
Волгоградская область	19	1,1	0,8
Республика Калмыкия	15	0,8	0,7
Пензенская область	9	0,3	0,6
Самарская область	26	1,2	1,4
Саратовская область	17	0,9	0,8
Республика Татарстан	39	1,9	2
Ульяновская область	18	0,6	1,2
<i>Северо-Кавказский ЭР</i>			
Республика Адыгея	34	1,3	2,1
Республика Дагестан	200	12,4	7,6
Республика Ингушетия	47	3,6	1,1
Кабардино-Балкарская Республика	118	5,3	6,5
Карачаево-Черкесская Республика	108	5,9	4,9
Краснодарский край	209	6,7	14,2
Ростовская область	43	1,6	2,7
Республика Северная Осетия – Алания	177	8,7	9
Ставропольский край	77	2,8	4,9
Чеченская Республика	59	4,4	1,5
<i>Центральный ЭР</i>			
Брянская область	21	0,9	1,2
Владимирская область	15	0,4	1,1
Ивановская область	6	0,1	0,5
Калужская область	12	0,5	0,7
Костромская область	10	0,1	0,9
Москва и Московская область	31	1,1	2
Орловская область	20	0,6	1,4
Рязанская область	20	0,6	1,4
Смоленская область	12	0,2	1
Тверская область	10	0,4	0,6
Тульская область	15	0,6	0,9
Ярославская область	6	0,1	0,5

Окончание табл. 1

Субъект РФ	Общее число случаев воздействия	Повторяемость, 1999–2008 гг.	Повторяемость, 2009–2018 гг.
<i>Центрально-Чернозёмный ЭР</i>			
Белгородская область	29	1,4	1,5
Воронежская область	25	1,3	1,2
Курская область	30	1,2	1,8
Липецкая область	25	1,1	1,4
Тамбовская область	26	1,3	1,3
<i>Северо-Западный ЭР</i>			
Санкт-Петербург и Ленинградская область	15	0,7	0,8
Новгородская область	13	0,5	0,8
Псковская область	9	0,5	0,4
<i>Северный ЭР</i>			
Архангельская область	9	0,6	0,3
Вологодская область	3	0,2	0,1
Республика Карелия	5	0,2	0,3
Республика Коми	5	0,3	0,2
Мурманская область	46	1,3	3,3
Ненецкий АО	4	0,4	0
<i>Калининградский ЭР</i>			
Калининградская область	8	0,7	0,1

* ЭР – экономический район.

Анализ данных табл. 1 показывает, что наиболее уязвимыми районами по воздействию условий погоды на автотранспортную систему являются Северо-Кавказский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный и Западно-Сибирский экономические районы.

Необходимо отметить, что по многим субъектам РФ повторяемость воздействия снизилась во всех экономических районах, кроме Центрального: Камчатский край (с 1,5 до 1,1) – Дальневосточный ЭР; Иркутская область (с 1,2 до 0,3), Красноярский край (с 9,9 до 9,2), Республика Хакасия (с 2,7 до 1,8) – Восточно-Сибирский ЭР; Кемеровская область (с 6,9 до 5,6), Новосибирская область (с 6,4 до 5,5), Томская область (с 6 до 4,6) – Западно-Сибирский ЭР; Республика Башкортостан (с 1,5 до 1,3), Курганская область (с

1,3 до 0,8), Свердловская область (с 1,8 до 1,5), Удмуртская Республика (с 0,4 до 0,3), Челябинская область (с 2,1 до 2) – Уральский ЭР; Республика Мордовия (с 0,6 до 0,3), Чувашская Республика (с 0,5 до 0,4) – Волго-Вятский ЭР; Астраханская область (с 0,7 до 0,1), Волгоградская область (с 1,1 до 0,8), Республика Калмыкия (с 0,8 до 0,7), Саратовская область (с 0,9 до 0,8) – Поволжский ЭР; Республика Дагестан (с 12,4 до 7,6), Республика Ингушетия (с 3,6 до 1,1), Карачаево-Черкесская Республика (с 5,9 до 4,9), Чеченская Республика (с 4,4 до 1,5) – Северо-Кавказский ЭР; Воронежская область (с 1,3 до 1,2) – Центрально-Черноземный ЭР; Псковская область (с 0,5 до 0,4) – Северо-Западный ЭР; Архангельская область (с 0,6 до 0,3), Вологодская область (с 0,2 до 0,1), Республика Коми (с 0,3 до 0,2), Ненецкий АО (с 0,4 до 0) – Северный ЭР; Калининградская область (с 0,7 до 0,1) – Калининградский ЭР.

По некоторым субъектам повторяемость не изменилась или возросла незначительно.

Это может быть обусловлено рядом причин, среди которых, на наш взгляд, можно выделить две основные: первая – особенности климатических изменений, произошедших за последние два десятилетия; вторая – совершенствование организационно-производственной структуры автотранспортной системы.

Статистические расчёты показывают, что по 29 субъектам РФ повторяемость воздействия снизилась, а по 4 – не изменилась. При этом 14 % субъектов РФ расположены на Азиатской территории России, а 21 % – на Европейской. На наш взгляд, в первую очередь такая тенденция обусловлена с происходящими изменениями климата. Для того чтобы более корректно сформулировать данное предположение, необходимо провести дальнейшие исследования. В частности, целесообразно провести расчёты статистических данных по числу воздействий на автотранспортную систему различных видов и отдельных явлений за последние двадцать лет, по отдельным видам рассчитать статистику по субъектам РФ и эту статистику согласовать с климатическими критериями экстремальности скорости ветра, осадков и температуры на территории РФ.

Статистика по повторяемости числа случаев воздействия условий погоды на автотранспортную систему по месяцам в

1999–2018 гг. приведена на рис. 2. В случае продолжительных ОЯ и НУП, воздействие которых охватывает несколько месяцев, в статистику входит месяц начала этого воздействия.

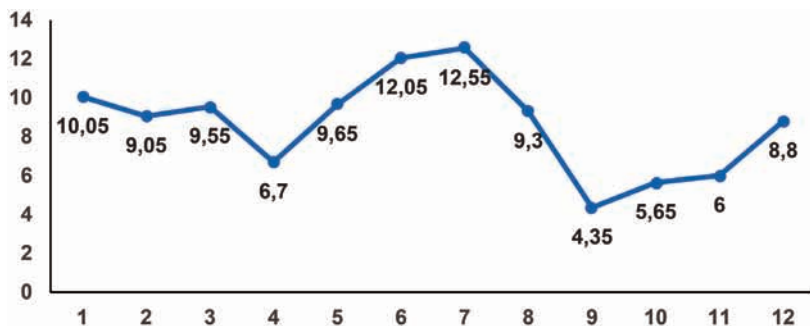


Рис. 2. Повторяемость числа случаев воздействия условий погоды на автотранспортную систему по месяцам в 1999–2018 гг.

Из рис. 2 видно, что наибольшее количество воздействий условий погоды на автотранспортную систему за последние 20 лет приходится на тёплые месяцы года (с мая по август), причём пик наблюдается в июле (повторяемость числа случаев воздействий составляет 12,55). Немного отстают холодные месяцы – с декабря по март повторяемость воздействий варьируется от 8,8 до 10,05, при этом наибольшее число случаев приходится на январь (повторяемость числа случаев – 10,05).

Статистика по числу воздействия ОЯ и НУП в 1998–2007 и 2008–2017 гг. на социально-экономическую систему в целом по месяцам приведена на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что наибольшее число случаев воздействия приходится исключительно на тёплые периоды (с мая по август). Это связано с тем, что эти месяцы характеризуются рядом условий погоды, способными оказывать негативное воздействие на многие отрасли экономики, такие как сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие. Возрастает пожароопасность, наблюдаются шквалы и др. В то же время по автотранспорту, как видно из рис. 2, воздействие условий погоды в холодный период так же высоко, как и в тёплый период.

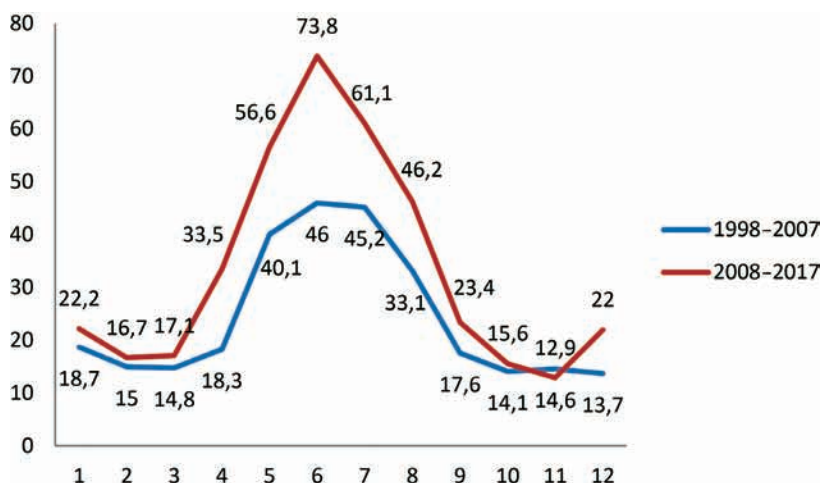


Рис. 3. Повторяемость числа случаев воздействия условий погоды по месяцам в 1998–2007 и 2008–2017 гг.

2. Экономический эффект информационной деятельности организаций Росгидромета при обеспечении автотранспортной системы

Росгидрометом проводятся регулярные работы по определению экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в различных отраслях экономики, в том числе и в автотранспортной системе. Эти данные получают как на основании сведений самих потребителей, так и расчётными методами. В табл. 2 приведены данные по экономическому эффекту гидрометеорологического обеспечения автотранспортной системы за период с 2009 по 2018 год.

Целесообразно отметить, что значения ЭЭ приведены в ценах текущего (каждого) года. Для дальнейших экономических исследований специалистам ВНИИГМИ-МЦД и других организаций необходимо применить индекс дефлятор – коэффициент, позволяющий переводить экономические показатели, рассчитанные в ценах текущего периода, в постоянные цены (цены какого-либо текущего периода, принятого в качестве базисного). В частности,

Таблица 2

Экономический эффект обеспечения автотранспортной системы по годам и УГМС (млн руб.)

УГМС	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Башкирское	11,2587	4,93526	1,40659	-	-	2,22877	0,73077	1,6583	0,5526	0,024
Верхне-Волжское	112,9	77,04	89,9	89,7	110	71,2	68,7	63,7	66,2	79,08
Дальневосточное	245	197,1	224,27	212,7	234,3	223	280,6	284,8	351,9	381,6
Забайкальское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
Западно-Сибирское	37,67	29,489	42,74	47,3	47,26	47,83	42,6	41,97	40,59	20,57
Камчатское	-	-	7,95	6,67	-	-	-	-	-	-
Колымское	25,8	22,29	24,91	27,3	39,6	43,2	50,6	44,8	45,6	46,6
Мурманское	41,6	65,34	58,98	75,6	62,8	56,8	41,1	34,8	50,5	29,7
Обь-Иртышское	23,627	11,696	15,025	38,034	12,856	16,656	6,668	0,43	0,11	-
Приволжское	43,8	120,25	161,54	189,8	198,76	199,8	207,69	231,43	259,26	299,8
Республики Татарстан	0,99	6,96	1,26	-	0,08	-	0,01	-	-	0,07
Сахалинское	-	-	271,69	283,9	308,9	318,6	318,2	319,2	319,9	320,4
Северное	153	108,87	112,7	124	136,9	136,5	138,2	134,8	135,6	125,4
Северо-Западное	13,2	35,5	29,73	29,6	31,1	30,4	31,6	31,6	34,5	35,9
Северо-Кавказское	12,66	64,107	191,868	250,067	234,88	252,333	264,989	560,07	385,91	371,24
Уральское	79,6	47,6	110,07	50,8	40,1	4,2	8,2	2	-	-
Центрально-Чернозёмное	4,5	6,67	2,28	2,15	1,14	1,62	1,12	2,1	1,92	1,99
Чукотское	1	1,6	1,46	1,6	1,95	1,45	2,45	2,25	1,3	1,7
ИТОГО	806,6057	799,4473	1348,3	1429,221	1460,626	1405,818	1463,458	1755,608	1693,843	1715,574

Примечание. Значения ЭЭ по Иркутскому, Приморскому, Среднесибирскому и Якутскому УГМС не приводятся, так как данные ЭЭ от этих УГМС по автотранспорту по различным причинам во ВНИИГМИ-МЦД не поступают.

в [11] приведена таблица индекса-дефлятора для пересчёта экономического эффекта в цены 2018 года, полученная по данным Росстата.

Как видно из табл. 2, суммарный экономический эффект по обеспечению автотранспортной системы за период с 2009 по 2018 год составил 13,9 млрд руб., что составляет 4,6 % от общего ЭЭ (301,5 млрд руб.) за данный период. Аналогичные оценки, выполненные в ценах 2018 года, показывают значение ЭЭ для автотранспортной системы, равное 10,8 млрд руб. Кроме того, отображение значений ЭЭ в базисных ценах позволило выявить рост ЭЭ в целом для автотранспортной системы в 2010 году, по сравнению с 2009 годом, что невозможно проследить по данным табл. 2. Представляет интерес анализ темпов роста экономического эффекта по годам (оценки в ценах базисного 2018 года). В целом прослеживается тенденция роста ЭЭ, но наблюдается резкое увеличение значений ЭЭ в 2011 году на 417,7 млн руб. и 2016 году на 280,5 млн руб. по сравнению с предыдущим годом (то есть на 97,7 и 22,8 % соответственно) и следующее за этим снижение темпов прироста ЭЭ на протяжении нескольких лет. Таким образом, изменение ЭЭ можно охарактеризовать как волнообразное. Данная особенность указывает на необходимость более углублённого анализа факторов, влияющих на значения ЭЭ: используемых методик оценки ЭЭ, числа случаев воздействия ОЯ, эффективности адаптации автотранспортной системы к неблагоприятным условиям погоды, предупреждённости ОЯ и др.

Распределение ЭЭ по автотранспорту и ЭЭ от всей транспортной отрасли в целом (отрасль «связь» в данном случае не рассматривается) за 2009–2018 гг. показано на рис. 4 а, б. На рис. 4 а значения экономического эффекта приведены в ценах текущего года, а на рис. 4 б – в ценах базисного 2018 года.

На рис. 4 видны тренды роста ЭЭ за последние 10 лет как по всей транспортной отрасли в целом, так и ЭЭ в автотранспортной системе.

Выше было отмечено, что автотранспортная система по числу случаев воздействия занимает третье место после сельского хозяйства и электроэнергетики. Если же рассматривать виды

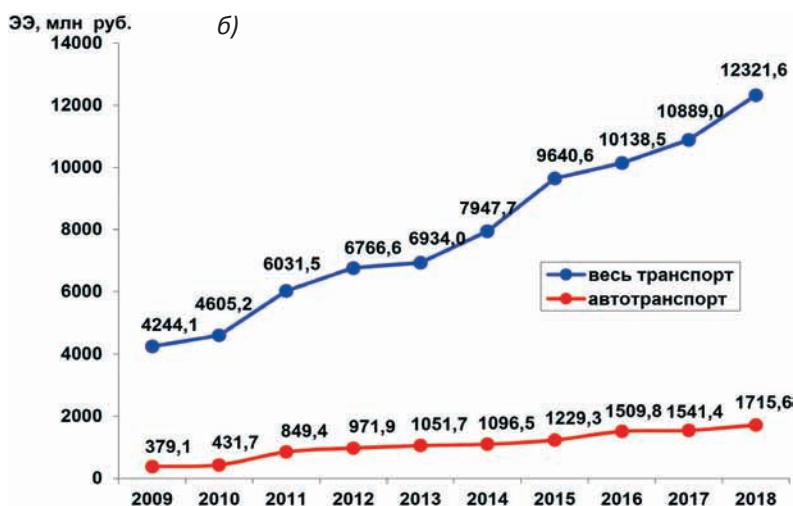
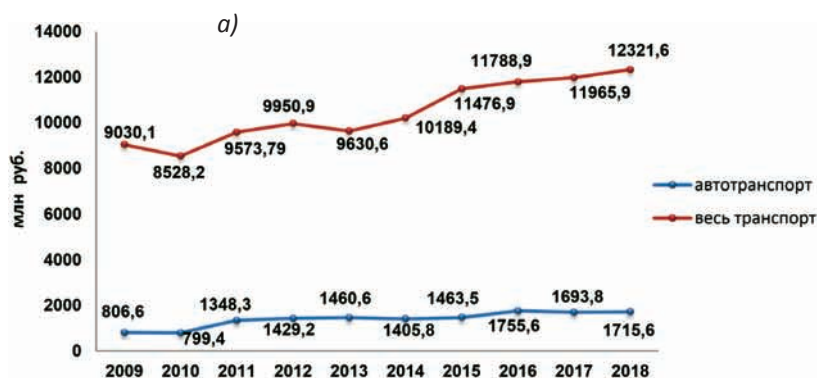


Рис. 4. Экономический эффект всей транспортной отрасли и ЭЭ автотранспорта

экономической деятельности, то транспорт и связь выходит на первое место. При ранжировании отраслей экономики по числу случаев воздействия связь занимает четвертое место после автотранспорта (469), авиация – седьмое (330), железнодорожный транспорт – одиннадцатое (217) и морской – тринадцатое (146) [8]. В то же время, как видно из рис. 4, ЭЭ гидрометеорологического обеспечения автотранспортной системы составляет существенно

небольшую долю по отношению ко всей транспортной отрасли. Максимальная доля ЭЭ автотранспортной отрасли в общем ЭЭ всего транспорта наблюдалась в 2013 и 2016 годах и составила 15,2 и 14,9 % соответственно. Размах значений данного показателя составляет около 6 %, при этом в восьми из десяти рассматриваемых лет доля ЭЭ автотранспортной отрасли в общем ЭЭ гидрометеорологического обеспечения транспорта отмечалась выше 12,5 %.

Данная закономерность объясняется следующим образом: по оценкам специалистов ВНИИГМИ-МЦД и Международного банка реконструкции и развития автотранспортная система России с точки зрения предотвращённого экономического ущерба занимает последнее место (18 % от возможного ущерба в целом по отрасли), в то время как по социально-экономической системе России в целом этот показатель составляет 40–42 % (для мировой практики предотвращённые ущербы составляют в среднем 45 %). Связь как отрасль экономики демонстрирует в нашей стране наибольший процент предотвращённого ущерба – 60 %.

Столь низкий процент предотвращённого ущерба для автотранспортной отрасли объясняется многогранностью последствий воздействия погоды и особенностями проведения защитных мероприятий. Заблаговременность осуществления оперативных мер защиты для автотранспортной системы ограничена. Так, при прогнозировании гололёда, сильного снегопада (более 7 мм за 12 часов), затопления низких участков дороги или размыва дорожного полотна, организациями дорожной службы проводится подготовка аварийных бригад и уборочной техники, инструктирование водителей об особенностях движения. Сами мероприятия по ликвидации последствий неблагоприятной погоды с целью снижения ущерба (например обработку дорог песочно-солевой смесью) проводят непосредственно при возникновении опасных явлений.

Заключение

На основе анализа динамики и количественных оценок воздействия опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды на автотранспортную систему и транспортную отрасль в целом показаны особенности учёта влияния

условий погоды в условиях совершенствования организационно-производственной структуры и наблюдающихся проявлений изменения климата. Выявлены основные тенденции распределения воздействий ОЯ по территории РФ, проанализирована динамика экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации. Показана необходимость более детального изучения факторов, влияющих на значения показателей экономической полезности использования гидрометеорологической информации в хозяйственной деятельности. Полученные результаты статистических обобщений и расчётов будут использоваться коллективом авторов в дальнейших научных исследованиях по влиянию климата и его современных изменений на территории РФ на социально-экономические системы страны. Приведённые статистические данные могут быть полезны широкому кругу других специалистов в целях их научных исследований, педагогической и практической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедрицкий А. И., Коршунов А. А., Шаймарданов М. З. Опасные гидрометеорологические явления и их влияние на экономику России. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2001. 36 с.
2. Бедрицкий А. И., Коршунов А. А., Шаймарданов М. З. Базы данных об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России и результаты статистического анализа // Метеорология и гидрология. 2009. № 11. С. 5–15.
3. Бедрицкий А. И., Коршунов А. А., Шаймарданов М. З. Влияние опасных гидрометеорологических явлений на устойчивое развитие экономики России // Метеорология и гидрология. 2017. № 7. С. 59–67.
4. Грушников В. А. Аспекты выбора факторов безопасности дорожного движения // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2019. Т. 18, № 3. С. 134–137.
5. Кобышева Н. В., Акентьева Л. М., Галюк Л. П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. СПб.: «Издательство Кириллица», 2015. 256 с.
6. Коршунов А. А., Рыбанова А. Ю., Фокичева А. А., Шаймарданов М. З. Анализ интенсивности воздействия опасных условий погоды на социально-экономическую систему // Учёные записки РГГМУ. 2018. № 53. С. 18–33.

7. Коршунов А. А., Шаймарданов М. З. База данных об опасных гидрометеорологических явлениях // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. С. 132–139.

8. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Система накопления и обработки данных об опасных гидрометеорологических явлениях в России // Метеорология и гидрология. 2019. № 3. С. 86–92.

9. Оганесян В. В., Стерин А. М. Оценки потенциальных ущербов в монетарном выражении от опасных и неблагоприятных метеорологических явлений на территории Российской Федерации в 1987–2017 гг. // Метеорология и гидрология. 2019. № 12. С. 97–108.

10. Рекомендации по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Росгидромет. 04 мая 2009 г.

11. Рыбанова А. Ю., Фокичев А. А., Воробьева Л. Н., Коршунов А. А. Анализ экономической ценности информационной деятельности гидрометеорологической службы // Учёные записки РГГМУ. 2019. № 56. С. 38–49.

12. Фокичева А. А., Рыбанова А. Ю., Коршунов А. А. Обеспечение гидрометеорологической безопасности в нестабильных климатических условиях на примере адаптации автотранспортной системы к неблагоприятной погоде // Метеорология и гидрология. 2014. № 11. С. 36–44.

13. Шамин С. И. Структура и содержание базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, нанёсших материальный и социальный ущерб // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 144–158.

14. *Conference on the Economic Benefits of Meteorological and Hydrological Services*. Geneva, Switzerland, 1994, WMO/TD – № 630.

УДК 681.518:551.5

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМНОЙ ЧАСТИ ИНФОРМАЦИИ
ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ
ТЕКУЩЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
СТАНЦИЙ ПЕРСОНА МИС**

Е. В. Амельченко¹, Е. Н. Зубрицкая²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ amelchenko@meteo.ru, ² zeh@meteo.ru*

Введение

Развитие автоматизированных систем сбора, обработки и накопления режимных метеорологических данных, технологическая, научная и методическая поддержка их функционирования с учётом особенностей модернизации видовых наблюдательных сетей Росгидромета и дальнейшим внедрением новых средств наблюдений и измерений оптимизирует работу наблюдательной сети и обеспечивает регулярное пополнение Единого государственного фонда данных Росгидромета качественной режимной информацией для научно-исследовательских работ по изучению изменений климата и обслуживанию потребителей.

На станциях, проводящих метеорологические наблюдения, а также в областных и территориальных центрах по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦГМС, УГМС) для обработки данных, получения информационной продукции и пополнения Единого государственного фонда данных (ЕГФД) текущей режимной метеорологической информацией станций на персональных ЭВМ используется программное обеспечение Автоматизированной системы первичной обработки текущей метеорологической информации станций ПЕРСОНА МИС [1].

Входным форматом системы ПЕРСОНА МИС является блочный код – специализированный формат, разработанный для кодирования и занесения метеорологической информации станций на технический носитель [2].

На метеорологических станциях с персоналом формирование блочного кода может производиться несколькими способами.

Первым способом является автоматическое формирование блочного кода системой ПЕРСОНА МИС из данных наблюдений, занесённых специалистом-метеорологом в специальные электронные формы, максимально приближённые к формам книжек наблюдений. На станциях, оснащённых автоматическими метеорологическими комплексами АМК [3], формирование блочного кода производится специализированным программным обеспечением АРМ Метеоролога АМК [4]. При помощи АРМ Метеоролога АМК блочный код формируется из значений автоматически измеряемых параметров и значений метеорологических величин, занесённых пользователем в специальные формы ввода.

Допускается формирование блочного кода вручную.

В настоящее время на наблюдательной сети Росгидромета начали устанавливать АМС – полностью автоматические метеорологические станции. По данным Автоматизированной системы учёта наблюдательных подразделений Росгидромета АСУНП [5], наблюдательная сеть Росгидромета на середину 2019 года включает 351 АМС.

Отсутствие персонала и компактные габариты позволяют развить плотную сеть автоматических станций, ведущих наблюдения за основными метеорологическими параметрами, наряду со станциями с персоналом.

Как только стала понятна тенденция увеличения количества АМС на сети Росгидромета, встал вопрос о контроле, получении отчётной продукции и долговременном хранении режимных данных, сформированных из оперативной информации, поступившей по каналам связи с АМС.

В ЕГФД ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» накоплены электронные архивы метеорологических наблюдений, начиная с 1878 года. С 1984 года и по настоящее время хранение данных непосредственных

наблюдений на метеорологических станциях производится в виде архивных файлов в формате Языка описания гидрометеорологических данных ЯОД ЕС ЭВМ: с результатами наблюдений (архив ТМС), с суточными выводами (архив ТМСС), с месячными выводами (архив ТМСМ) [6, 7].

Для обеспечения совместимости форматов хранения данных метеорологических наблюдений необходимо было обеспечить создание ЯОД-архивов ТМС, ТМСС, ТМСМ по данным АМС.

Все три вида архивов формируются системой ПЕРСОНА МИС, внедрённой на сети Росгидромета. Поэтому было принято решение включить в обработку данные АМС средствами ПЕРСОНА МИС.

В 2014 году была начата разработка нового программного обеспечения в составе системы ПЕРСОНА МИС по формированию режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций. Программными модулями совместно с системой ПЕРСОНА МИС должно обеспечиваться:

- выполнение всех функций по формированию сообщений в виде блочного кода;
- создание на технических носителях в стандартных форматах хранения высококачественных файлов данных режимной гидрометеорологической информации для долговременного хранения в ЕГФД;
- сохранение преемственности технологических решений и адаптации различных систем обработки информации на сети Росгидромета в условиях модернизации и технического перевооружения.

Исходные данные при формировании режимной части информации по данным АМС в составе системы ПЕРСОНА МИС

Из совокупности установленных на АМС датчиков на нужды режимной метеорологической информации используются показания: температура воздуха, показатели влажности воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление на уровне станции, величина и характеристика барической тенденции, количество выпавших осадков.

В качестве выходной продукции АМС выступают телеграммы КН-01 SYNOP [8], поступающие в центры служб автоматизированной системы передачи данных (АСПД) УГМС Росгидромета. Код КН-01 SYNOP используется для передачи данных приземных метеорологических наблюдений с фиксированных наземных станций, обслуживаемых персоналом или автоматических, и является национальным вариантом международного кода ВМО FM 12-IX SYNOP [9] с допускаемыми отклонениями.

Главной особенностью АМС является полная автономность и функционирование в отсутствие персонала. С этим же связаны основные проблемы доступа к контроллерам АМС для получения данных учащённых измерений.

В ФГБУ «Приморское УГМС» было разработано программное обеспечение (ПО) формирования блочного кода из данных АМС с возможностью формирования блоков учащённых измерений по типу самописцев (термограф, гигрограф), которое на всю наблюдательную сеть Росгидромета распространено не было. Эту ситуацию можно объяснить разнообразием датчиков, сохраняющих наблюденную информацию в разных форматах, периодической установкой датчиков более современных моделей, а также огромной территорией Российской Федерации, на которой в соответствии с Федеральным законом от 03.06.2011 г. № 107-ФЗ «Об исчислении времени», с 26 октября 2014 года установлено 11 часовых зон.

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» занимается не только разработкой программного обеспечения, но и его научно-технологическим сопровождением. Поэтому при разработке ПО, внедряемого на всей наблюдательной сети Росгидромета, могут использоваться только регламентированные источники информации. К сожалению, на данный момент отсутствует утвержденный порядок хранения данных учащённых измерений, поступающих на контроллеры АМС, поэтому телеграммы КН-01 являются единственным доступным источником для формирования режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций в составе системы ПЕРСОНА МИС.

Этапы работы программного обеспечения формирования файлов блочного кода на основе телеграмм КН-01 SYNOP AMC

Программное обеспечение по формированию файлов блочного кода режимного метеорологического сообщения на основе телеграмм КН-01 SYNOP AMC, поступающих по каналам связи, рассчитано на применение в отделах обработки режимной информации на уровне, не ниже областного, и реализовано в системе ПЕРСОНА МИС конфигураций УГМС и ЦГМС.

Программное обеспечение работает в несколько этапов, реализованных в виде двух программных модулей:

- выделение телеграмм из сообщений;
- сортировка срочных телеграмм AMC;
- синтаксический разбор телеграмм;
- раскодирование значений метеорологических величин;
- формирование блочного кода.

Два независимых приложения по включению данных автоматических станций в режимную обработку доведены до синхронной работы:

- первое обеспечивает формирование файлов в промежуточном формате, содержащих данные AMC за месяц;
- второе обеспечивает формирование файлов блочного кода на базе файлов в промежуточном формате.

Схема работы программного обеспечения отражена на рис. 1.

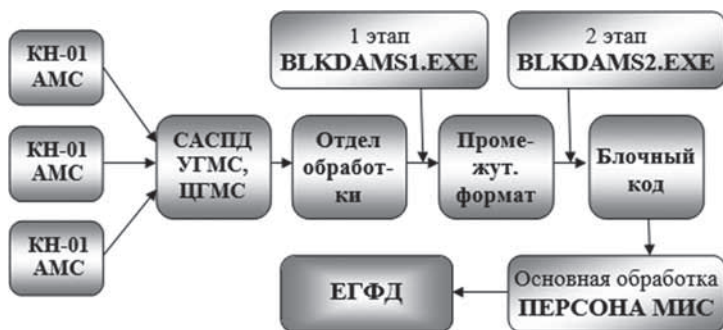


Рис. 1. Схема работы программного обеспечения формирования режимной части информации по данным AMC в составе системы ПЕРСОНА МИС

Дополнительно разработано программное обеспечение для создания рабочих папок, в которые пользователю вручную необходимо помещать телеграммы КН-01 АМС.

Автоматизация начинает работать не с момента поступления телеграммы КН-01 в САСПД УГМС (ЦГМС), а после того, как бюллетени, содержащие телеграммы, будут переданы из САСПД в отдел обработки.

Один бюллетень может содержать:

- данные одной станции за один срок;
- данные нескольких станций за один срок;
- данные одной станции за период (в пределах месяца);
- данные нескольких станций за период (в пределах месяца).

Пример бюллетеня по станциям АМС управления за один срок:

```

ЪГЪГ 020 121515/=о583=0920
уйт650 пнул 010900
AAXX 01091
20963 NIL=
23237 86/// /2303 10137 20081 30080 40172 57010=
23531 86/// /2801 10179 20114 30120 40161 55004=
23821 86/// /3003 10274 20148 39940 40147 57013=
23822 NIL=
28693 86/// /2906 10210 20157 30063 40180 55005
          333 91010 91110=
оооо

```

Перед началом использования программного обеспечения следует сформировать паспортные характеристики автоматических станций [10], аналогичные тем, которые приняты для обработки в системе ПЕРСОНА МИС, с обязательным указанием синоптического индекса. Новые паспорта должны быть включены в существующие массивы исходных паспортов ПО ПЕРСОНА МИС каждого УГМС в файл \МЕТЕOWIN\PAS\PASPRТ.PAS. Паспорта формируются специалистами-обработчиками заинтересованных УГМС.

В рабочем столе системы ПЕРСОНА МИС на уровне ЦГМС и УГМС в пункт главного меню «Ввод данных» были добавлены, соответственно, две опции: «Сортировка срочных телеграмм АМС» и «Формирование блочного кода АМС». Процедура формирования блочного кода АМС всегда выполняется после процедуры сортировки срочных телеграмм.

Создание рабочих папок АМС

Телеграмма SYNOP не содержит информации о месяце и годе её передачи, поэтому для возможности формирования блочного кода телеграммы должны быть предварительно отсортированы пользователем.

Бюллетени с телеграммами SYNOP, сформированные отделами САСПД УГМС (ЦГМС), должны быть помещены в папки с именами \МЕТЕOWIN\DATAOUT\AMS\GGGG-MM, где GGGG – год, а MM – месяц, за который поступили телеграммы.

Всего может быть не более 12 таких папок за каждый год. Создание папок, в которые пользователь будет помещать бюллетени с телеграммами КН-01 SYNOP АМС, производится автоматически при помощи опции «Создание рабочих папок АМС» пункта главного меню «Сервис», показано на рис. 2. Папка \МЕТЕOWIN\DATAOUT\AMS\ создаётся на этапе установки (обновления) ПЕРСОНА МИС, а вложенные \GGGG-MM создаются пользователем раз в году через сервисные функции системы ПЕРСОНА МИС. Удаление данных папок средствами системы ПЕРСОНА МИС не предусмотрено во избежание потери информации. Обработчики могут по своему усмотрению изымать эти папки из каталогов ПЕРСОНА (по окончании года обработки) и хранить их в сжатом виде в другом месте.

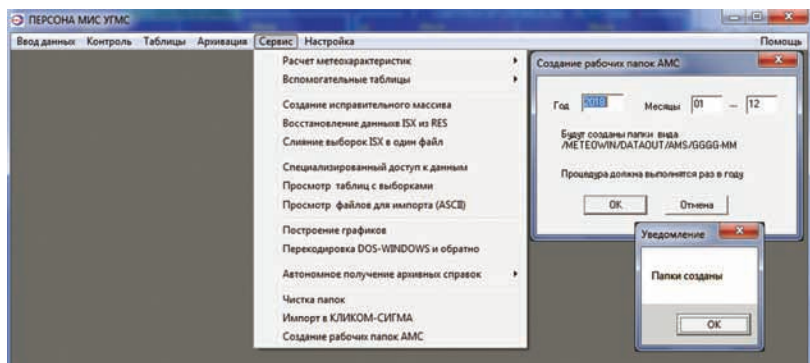


Рис. 2. Создание рабочих папок АМС

Сортировка срочных телеграмм АМС

Сводки с данными в коде КН-01 SYNOP, передаваемые со станций, оформляются в соответствии с Временной инструкцией по приёму и передаче информации по системе связи Росгидромета [11]. Кроме того, в отдел обработки могут поступать файлы, содержащие дополнительную информацию кроме самих синоптических бюллетеней. Такой информацией, например, может служить сервер входящей и исходящей почты, адрес отправителя, время отправления сообщения и т. п.

Программное обеспечение формирования файлов в промежуточном формате BLKDAMS1.EXE предназначено для выделения телеграмм из сообщений рабочих папок АМС, выборки всех телеграмм конкретной АМС за конкретный месяц, сортировки по дням данного месяца, внутри дня по срокам, начиная со срока начала метеорологических суток из бюллетеней телеграмм по данным двух смежных месяцев.

Срок выбирается из параметров сводки (Раздел 0 телеграммы КН-01 SYNOP), день корректируется с учётом смены метеорологических суток. Первой выбираемой телеграммой является телеграмма, поступившая в первый срок наблюдений от начала метеорологических суток в зависимости от номера часового пояса [12] из паспорта станции.

После консультаций со специалистами САСПД ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», ФГБУ «Северное УГМС», «ФГБУ Сахалинское УГМС» и ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» стало понятно, что единого формата представления бюллетеней телеграмм АМС не существует. В каждом управлении передача телеграмм из подразделения САСПД до центров обработки производится по-разному: по электронной почте, в виде автоматически пересылаемых отдельных сообщений, каждому из которых почтовая программа, используемая в управлении, приписывает уникальную призначную часть в виде единого файла с собственными атрибутами на диске, в виде вложенных файлов и т. п. Некоторые управления частично автоматизировали процесс накопления телеграмм собственными силами, при сохранении на диске имена файлов данных варьируются от «file.292100», «ams.110000», «0109.txt» и т. п. с данными за один

срок до «s4354120.917» – данные по одной станции за месяц и «сентябрь.txt» – данные по всем АМС управления за месяц. Соответственно, количество файлов, содержащих бюллетени АМС, может принимать значение от 1 до $N \times N_d \times 8$, где N – количество АМС в управлении, N_d – количество дней в обрабатываемом месяце, 8 – количество сроков передачи сводок.

Поэтому единственным ограничением на файлы с бюллетенями телеграмм КН-01 АМС стала кодировка текста внутри файла данных – ANSCII. Название файла и их количество произвольные. Наличие некоторой системной информации, например сокращённых заголовков бюллетеней, информации о параметрах передачи сообщения конкретной почтовой программой, не запрещается.

Максимально возможное количество файлов за один месяц, заложенное в ПО, – 5000 штук.

В обработку включены начальные данные, представленные в следующих видах:

- единый бюллетень, содержащий данные всех станций АМС;
- бюллетени, содержащие данные одной станции за один месяц;
- бюллетени, содержащие данные всех станций АМС управления.

В процессе разработки ПО файлы промежуточного формата формировались для двух станций: 28396 Васисс и 28499 Колосовка.

По результатам анализа был разработан протокол (шаблон Blkdams1.mis помещается в папку ekr\), включающий сообщения о возникновении следующих ситуаций:

- количество файлов в папке превышает допустимое количество (5000 шт.);
- отсутствует папка с данными предыдущего (или текущего) месяца;
- папка с данными предыдущего (или текущего) месяца пуста;
- данные станции не найдены;
- день **, срок ** – данные отсутствуют;
- день **, срок ** – данные встречаются повторно;
- успешное завершение обработки.

Авторские испытания программного обеспечения формирования файлов в промежуточном формате BLKDAMS1.EXE проводились на реальных данных ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» (АМС 28396 Васисс и 28499 Колосовка) и ФГБУ «Сахалинское УГМС» (АМС 32159 Мальково).

Запуск ПО формирования файлов в промежуточном формате BLKDAMS1.EXE производится из пункта верхнего меню «Ввод данных» → «Сортировка срочных телеграмм АМС».

На экране появится окно диалога. Год и месяц выбираются из таймера компьютера или устанавливаются значения, введённые при работе с другими этапами системы. Если пользователя не устраивают временные параметры, указанные в окошках «год» и «месяц», то нужно задать новые. Для данного этапа год и месяц не могут быть заданы пробелами, так эти значения определяют путь к папке с месячной порцией синоптических сводок автоматических станций.

Далее следует выбрать станцию или список станций для обработки. Список станций, выводимый для выбора, формируется по файлу исходных паспортов управления. Выбрать станции и кликнуть по кнопке «ОК». Если кликнуть по этой кнопке без предварительного выбора станций, то в заказ на обработку попадут все станции списка АМС.

Работа ПО формирования блочного кода из телеграмм КН-01 SYNOP АМС (1-й этап) отображена на рис. 3.

Количество файлов в папке \METEOWIN\DATAOUT\AMS\GGGG-MM не должно превышать 5000 единиц.

При сортировке срочных телеграмм АМС используются данные двух месяцев: месяца, выбранного в окне диалога на рис. 3, и предыдущего месяца. Например, при формировании блочного кода из срочных телеграмм АМС за апрель 2016 года будут анализироваться и использоваться в обработке данные папок: DATAOUT\AMS\2016-04\ и DATAOUT\AMS\2016-03\. Поэтому не рекомендуется сразу после формирования блочного кода удалять бюллетени телеграмм АМС из папки, соответствующей году и месяцу обработки.

Результатом работы этапа «Сортировка срочных телеграмм АМС» является файл \METEOWIN\ISX\AMS\акKKKKKK.MGG.

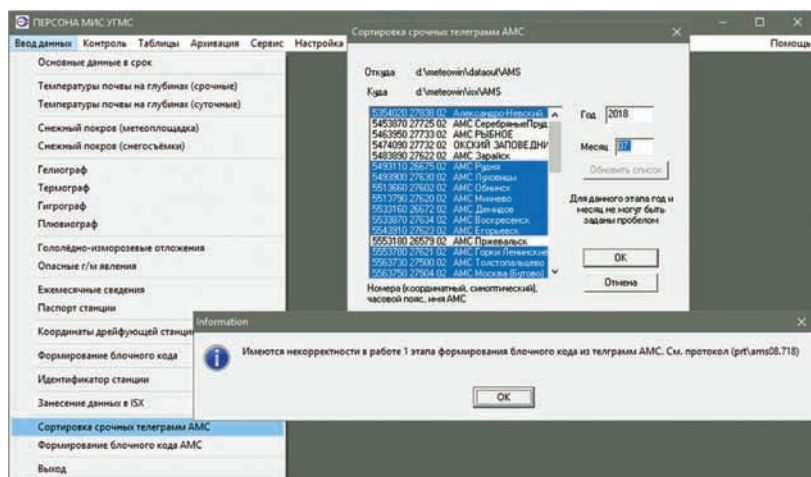


Рис. 3. Программа формирования блочного кода из телеграмм КН-01 SYNOP АМС (1-й этап)

Здесь а – признак данных автоматической станции; KKKKKK – координатный номер станции, который выбирается из паспорта станции по синоптическому индексу поступившей телеграммы и передаётся в программу через заказ; MGG – месяц и две последние цифры года наблюдений (M=1, 2, 3,...,9,a,b,c).

Протокол работы программы размещён в файле с именем \METEOWIN\PRT\amsUU.MGG и имеет вид:

```

03-12-2015 ===== 11:10
==== ПЕРСОНА-МИС - ФОРМИРОВАНИЕ БЛОЧНОГО КОДА АМС, 1 ЭТАП =====
=====
Папка C:\METEOWIN\dataout\ams\2015-04\ с данными предыдущего месяца пуста
Станция: 28693 ---Данные не найдены

Станция: 28396
  День 30, срок 15, 18, 21 - данные отсутствуют
  День 01, срок 00 - данные отсутствуют
  День 05, срок 09, 12, 15, 18, 21 - данные отсутствуют
  День 06, срок 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 - данные отсутствуют
  День 07, срок 00, 03, 06 - данные отсутствуют
  День 14, срок 09 - данные отсутствуют
  День 15, срок 09 - данные отсутствуют
  День 31, срок 12 - данные встречаются повторно

-----
Успешное завершение обработки
=====
                               К о н е ц   п р о т о к о л а
03-12-2015 ===== 11:10
  
```

Просмотр протокола может быть произведён в каталоге METEOWIN\PRT автономно с помощью любого текстового редактора.

После проведения производственных испытаний на программное обеспечение BLKDAMS1.EXE были возложены дополнительные функции.

В актах производственных испытаний программного обеспечения формирования режимной части метеорологической информации по данным АМС несколько УГМС указали на наличие в телеграммах значений максимальной за день и минимальной за ночь температур в разделе 3 (кодовая группа 333).

После анализа данных были разработаны дополнительные алгоритмы определения сроков, к которым необходимо относить максимальную за день и минимальную за ночь температуры.

Программа BLKDAMS1.EXE была доработана в части определения срока помещения максимальной за день и минимальной за ночь температур воздуха из групп 1 и 2 раздела 3 и помещения их в файл промежуточного формата для дальнейшего формирования блочного кода.

УГМС отмечают, что в сводках КН-01 АМС содержится также значение максимальной скорости ветра при порывах за прошедшие полусутки, заканчивающиеся в срок передачи группы (группа (530f12f12) раздела 5). Однако в блочном коде отсутствует блок, в который можно было бы поместить данное значение. Алгоритмически вычислить срок достижения скорости ветра максимальной величины не представляется возможным.

Для первой метеозоны РФ имеются дополнительные сроки передачи кодовой группы, содержащей сведения о количестве выпавших осадков (03 и 15 ВСВ). Согласно таблице 2 кода КН-01, осадки в указанные сроки передаются за 12 часов. Для того чтобы в блочный код помещалось корректное количество осадков, группы 6RRRtR из сводок автоматически удаляются для первой метеозоны в сроки 03 и 15 на этапе сортировки срочных телеграмм АМС.

Синтаксический разбор телеграмм и формирование блочного кода АМС

Сбором и раскодированием оперативных телеграмм, не только КН-01, занимаются различные институты (ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», ФГБУ «ВНИИСХМ» и пр.). Данные оперативных телеграмм используются для составления прогнозов, формирования баз и обслуживания потребителей, выполнения обязательств международного обмена. Для составления приземных карт погоды по данным наземных и морских наблюдательных станций Росгидромета в Российском государственном гидрометеорологическом университете был составлен алгоритм работы с кодом метеорологической информации КН-01 SYNOP при обмене гидрометеорологической информацией между метеорологическими подразделениями Росгидромета, в том числе и военных [13].

На настоящий момент разработано многочисленное ПО транскодирования телеграмм КН-01 в разнообразные форматы (например в таблично-ориентированную кодовую форму FM 94 BUFR [14], во внутренние базы данных конкретного программного обеспечения). Примером может служить Система обслуживания гидрометеорологической информацией Cliware [15], разработанная в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

При разработке программного обеспечения ставится прежде всего задача удобства пользователей. Дополнительные работы, связанные с выполнением запросов, перемещением файлов данных вручную из одной системы в другую с возможностью потери части данных, крайне нежелательны и затрудняют процесс обработки. Использование файлов данных, раскодированных сторонним ПО, также не упрощает программ в составе системы ПЕРСОНА МИС. Это связано с тем, что задача раскодирования телеграмм заменяется на задачу раскодирования файлов промежуточного формата, полученных из другой системы обработки.

Поэтому функции, связанные с обработкой телеграмм КН-01 SYNOP, были включены непосредственно в новое программное обеспечение по формированию файлов блочного кода в составе системы ПЕРСОНА МИС.

Программное обеспечение формирования файлов блочного кода BLKDAMS2.EXE предназначено для синтаксического разбора телеграмм, раскодирования значений метеорологических величин и приведения их к требуемым форматам обработки, а также для формирования файлов блочного кода на базе файлов в промежуточном формате, сформированных ПО BLKDAMS1.EXE.

Этап формирования файлов блочного кода включает:

- формирование призначного блока;
- формирование обязательных срочных блоков с =02 по =07;
- формирование блока свободного текста и месячных блоков (пропуски наблюдений) с =69 по =99;
- подготовку срока нулевого дня для следующего месяца обработки, формирование срока нулевого дня текущего месяца (в ситуации, когда данные присутствуют в рабочем каталоге после обработки предыдущего месяца, когда данные предыдущего месяца отсутствуют и когда данные за текущий месяц поступают не с первого дня).

Блоки =01, =03, =12, информации для формирования которых в телеграммах АМС не содержится, всегда кодируются отсутствием. Свободный текст оформляется в виде: «<Название УГМС>. Данные получены с метеосводок АМС <Имя станции>. Занесены автоматически».

При отсутствии данных какого-либо срока блоки представляются в виде:

```
((временной блок срока,
=02, /, /, /, -, -, -, -,
=04, /, /, /, /, /, /, /, /, или =04, /, -, -, -, -, -, -,
=05, -, /, -, -, -, /, -,
=06, -, -, -, -, -, -,
=07, -, -, -, -, -, -)
```

Авторские испытания проводились на тестовых массивах, сформированных из накопленных телеграмм SYNOP, поступающих с АМС Мальково ФГБУ «Сахалинское УГМС», станций ФГБУ «Центральное УГМС» (Зарайск, Долгопрудный), на реальных АМС данных ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Сформированные файлы блочного кода были проконтролированы средствами

ПО ПЕРСОНА МИС. Внесены изменения в поиск групп осадков по всему тексту телеграмм для всех часовых поясов и расширена часть программного кода по преобразованию этих групп в формат блочного кода для дальнейшей обработки системой ПЕРСОНА МИС. Однако контроль показал необходимость тестирования значительно большего количества АМС, так как они имеют разный набор групп синоптической телеграммы в зависимости от настройки ПО АМС.

На этапе критического анализа результатов синтаксического контроля выяснилась жёсткая зависимость от заполнения паспорта АМС и наличия некоторых ошибок, которые прекращают дальнейшую обработку информации. Типовая настройка паспорта АМС приведена на рис. 4.

В паспорте станции признак наличия на станции автоматических датчиков U должен принимать значение «2» – станция АМС. Наличие синоптического индекса обязательно.

[illegible]

Рис. 4. Типовая настройка паспорта АМС

В ходе авторских испытаний программы BLKDAMS2 выяснилось, что в зависимости от настройки паспорта станции, формирование блока =04 производится по-разному, и файл блочного кода то проходит синтаксический контроль по данному блоку, то не проходит.

Так, если в паспорте признак наличия наблюдений за температурой почвы T_p равен 0, блок принимает вид =04,/././././././.. Если же в паспорте вместо T_p стоит пробел, блок должен выглядеть =04,/././././././.. Программа BLKDAMS2 усилена блоком анализа паспорта станции.

Запуск ПО формирования файлов блочного кода BLKDAMS2.EXE производится из пункта верхнего меню «Ввод данных» → «Формирование блочного кода АМС».

На экране появится окно диалога. Год и месяц выбираются из таймера компьютера или устанавливаются значения, введённые при работе с другими этапами системы. Если пользователя не устраивают временные параметры, указанные в окошках «год» и «месяц», нужно задать новые и щёлкнуть по клавише «Обновить список». В список выбираются только те файлы, у которых расширение (MGG – месяц и год наблюдений) совпадает с заданным годом и месяцем. Если вместо месяца задать пробелы, выбираются все файлы заданного года. Если только год задать пробелами, то выберутся файлы одного месяца за все представленные годы. Если и год, и месяц задать пробелами, выберутся все файлы, помещённые в папку.

Год и месяц, отличные от пробелов, имеют глобальное значение и воспринимаются в пределах одного сеанса работы в диалогах всех этапов системы. Пробельное значение года и месяца распространяется только на однократное выполнение диалога.

Далее следует выбрать станцию или список станций для обработки. Список станций, выводимый для выбора, формируется по файлу исходных паспортов управления. Выбрать станции и кликнуть по кнопке «ОК». Если кликнуть по этой кнопке без предварительного выбора станций, то в заказ на обработку попадут все станции списка АМС.

Работа ПО формирования блочного кода из телеграмм КН-01 SYNOR АМС (2-й этап) отображена на рис. 5.

Результатом работы программы являются текстовые файлы блочного кода с идентификаторами \METEOWIN\ISX\SKKKKKKK.MGG.

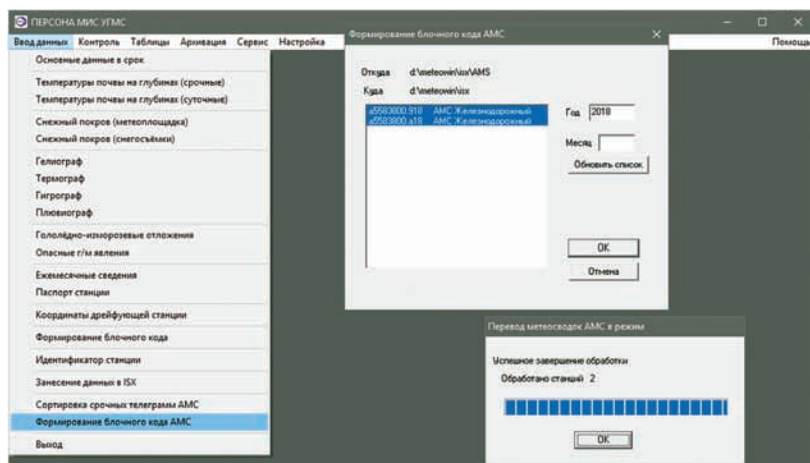


Рис. 5. Программа формирования блочного кода из телеграмм КН-01 SYNOP АМС (2-й этап)

При сбое диска во время чтения файла или при отсутствии заданного в заказе подкаталога на экран выдаётся сообщение о некорректности обработки.

Протокол программы размещён в файле с именем \METEOWIN\PRT\isx-ams.MGG и имеет вид:

```

07-11-2014 ===== 11:39
=== ПЕРСОНА-МИС - ФОРМИРОВАНИЕ БЛОЧНОГО КОДА для АМС из SYNOP =====
=====
-----      1. s5630171.214 Братск,обс
-----      2. s5630171.314 Братск,обс
-----      3. s5630171.a14 Братск,обс
-----
Обработано станций      3
=====
                        К о н е ц   п р о т о к о л а
07-11-2014 ===== 11:39

```

Просмотр протокола может быть произведён в каталоге METEOWIN\PRT автономно с помощью любого текстового редактора.

В результате производственных испытаний ПО выяснилось, что имеют место случаи, когда АМС работает, но временно отключены или неисправны датчики температуры воздуха или

атмосферного давления. В телеграмме КН-01, формируемой на АМС, в этом случае в 1, 2, 4 и 5 группах раздела 1 передаётся 1////, 2////, 4////, 5////. Однако группа в виде 2////, согласно национальному коду, в сводку включаться не должна. Сложно сказать, является ли данная ситуация недоработкой программного обеспечения формирования телеграмм АМС в соответствии с национальным кодом для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета или использованием международной кодовой формы FM 12-IX SYNOR.

В процессе авторских испытаний ПО на данных ФГБУ «Обь-Иртышское» и ФГБУ «Сахалинское УГМС» такой ситуации не возникало и реакции на неё предусмотрено не было. Несмотря на то, что передаваемые телеграммы содержат ошибку с точки зрения национального варианта кода КН-01, в ПО BLKDAMS2.EXE был добавлен анализ на сочетание символов //// для всех используемых групп сводки.

В ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС» во всех телеграммах КН-01, сформированных как наблюдателем (ручных), так и средствами АМК и АМС, в каждый срок присутствуют группы 910 (порыв в срок) и 911 (порыв между сроками), независимо от скорости ветра. Это делается по желанию синоптиков, используя Примечание к табл. 3778 КН-01. Мы учли подобную практику и нарастили возможности нашей программы BLKDAMS2.EXE. Теперь при наличии 911 группы в сводке из неё формируется максимальная скорость ветра между сроками 2-го блока режимного кода. При желании в УГМС могут настроить пороговое значение скорости ветра «0» для включения групп 910 и 911 в каждый срок, и иметь более полный блочный код для последующего формирования режимных данных долговременного хранения.

В актах производственных испытаний программного обеспечения формирования режимной части метеорологической информации по данным АМС несколько УГМС указали о возможности расчёта параметров для формирования блока информации о влажности. Были проведены консультации со специалистами ФГБУ «ГГО» по вопросам вычисления групп блока =06, уточнены формулы и алгоритмы формирования блока. На данный момент

все группы блока, кроме температуры точки росы (берётся «как есть» из телеграммы), вычисляются по формулам и блок =06 формируется в полном объёме.

Доработка системы ПЕРСОНА МИС при включении в обработку данных АМС

Автоматизированная система первичной обработки и накопления текущей метеорологической информации станций ПЕРСОНА МИС внедрена на сети Росгидромета с 1997 года под управлением операционной системы MS-DOS (приказ № 52 от 22.05.1997 г.) и с 2003 года под управлением WINDOWS (приказ № 193 от 17.09.2003 г.). Начиная с этого периода, производится постоянная модернизация и доработка системы, в том числе и в связи с добавлением новых функций.

Включение в оперативную обработку данных телеграмм КН-01, поступающих с АМС, привело к необходимости наращивания функционала паспорта станций, а также к корректировке отдельных критериев контроля и внешнего вида таблиц ТМС.

В паспорте станции АМС признак наличия на станции автоматических датчиков U должен принимать значение «2» – станция АМС. Наличие синоптического индекса обязательно. Признаки наличия ежечасных наблюдений должны быть установлены на значение «0» – отсутствуют. Аналогичным образом должны быть настроены признаки наблюдений за теми параметрами, которые не попадают в синоптические сводки, формируемые АМС. Например, признак наличия наблюдений за горизонтальной дальностью видимости, количеством и формой облачности, погодой, гололёдно-изморозевыми отложениями, температурой почвы на глубинах и т. п. Количество сроков наблюдения – 8.

Были расширены следующие критерии семантического контроля 1-го уровня:

- *Критерий 74:* Если характеристика барической тенденции равна 4, то её величина на станции, оснащённой АМС, должна быть равна либо 0, либо 1.

- *Критерий 75:* На станциях с 8-срочными наблюдениями, оснащённых АМС, разность значений атмосферного давления

на уровне станции в данный срок и в предыдущий должна быть равна величине барической тенденции со знаком плюс, если давление в данный срок выше, чем в предыдущий, и со знаком минус, если давление в данный срок ниже, чем в предыдущий, или отличается от величины барической тенденции не более чем на 0,1 гПа. При наличии АМС, ситуация, когда характеристика тенденции равна 4, величина тенденции равна 1, а разность значений давления в данный и предыдущий сроки равна -1, не считается ошибочной и не выдаётся в таблице результатов контроля.

Так как в данных АМС отсутствуют наблюдения за атмосферными явлениями (АЯ) и отсутствует плувиограф, в семантическом контроле 2-го уровня при контроле информации АМС отключён алгоритм 7 (контроль количества осадков, измеряемых осадкомером и плувиографом). Также отключены критерии, контролируемые АЯ.

После согласования со специалистами ФГБУ «ГГО» было откорректировано отображение количества дней с атмосферными явлениями на странице 9 таблицы ТМС. Было принято решение для станций АМС при вычисленном количестве дней с АЯ, равным 0, автоматически заменять это значение на пробел (« »).

Заключение

В настоящей статье описано новое разработанное программное обеспечение формирования режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций с использованием оперативных телеграмм КН-01 SYNOP.

Программными модулями совместно с системой ПЕРСОНА МИС обеспечивается выполнение всех функций по формированию режимного сообщения в виде блочного кода из телеграмм КН-01 SYNOP АМС.

После формирования блочного кода из срочных сводок АМС выполняется обычная последовательность всех этапов обработки метеорологической режимной информации станций:

- синтаксический контроль информации;
- семантический контроль информации;
- получение месячных таблиц ТМС;

- выполнение всех функций архивации (формирование архивов, получение справок, сверка массивов, сверка таблиц);
- при необходимости построение графиков;
- выполнение расчёта вспомогательных таблиц.

В 2016 году ПО прошло производственные испытания и на настоящий момент внедрено в территориальных оперативно-производственных подразделениях наблюдательной сети Росгидромета в составе системы ПЕРСОНА МИС конфигураций УГМС и ЦГМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Автоматизированная система* первичной обработки текущей метеорологической информации станций на персональных ЭВМ (ПЕРСОНА МИС). URL: <http://meteo.ru/it/129-persona-mis> (дата обращения: 13.09.2019).
2. *Методические указания* по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации. Выпуск 3, часть 1, раздел 1. Метеорологическая информация станций. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2000. 68 с.
3. *Р 52.04.818–2014*. Рекомендации по эксплуатации автоматизированных метеорологических комплексов в наблюдательных подразделениях Санкт-Петербург.
4. *Специальное программное обеспечение* АРМ метеоролога АМК. URL: <https://pandia.ru/text/78/058/94396.php> (дата обращения: 13.09.2019).
5. *Автоматизированная система* учёта наблюдательных подразделений Росгидромета (АСУНП). URL: <http://asunp.meteo.ru/portal> (дата обращения: 05.09.2019).
6. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM-PC-совместимых ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1996. Вып. 160. С. 41 – 54.
7. *Веселов В. М.* Архивы Госфонда на ПЭВМ и технология их организации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 16 – 30.
8. *Код для оперативной передачи данных* приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (КН-01 SYNOP). Москва: Гидрометцентр, 2012. 78 с.
9. *Наставление по кодам*. Международные коды. Том I.1, часть А. Буквенно-цифровые коды. ВМО-№ 306. 2011.
10. *Апарин Б. В., Зубрицкая Е. Н.* Условно-постоянные характеристики в системе первичной обработки метеорологической информации на ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2009. Вып. 174. С. 76 – 88.
11. *Временная инструкция по приёму и передаче информации* по системе связи Росгидромета. Введена в действие с 23.01.2010 г. приказом Росгидромета № 372 от 25.12.2009 г.

12. *Приказ* Росгидромета № 44 от 08.02.2011 г. «Об утверждении границ метеорологических суток и сроков измерения отдельных метеорологических элементов».

13. *Заболотников Г. В.* Учебное пособие по работе с кодами метеорологической информации КН-01. Учебное пособие военной кафедры РГГМУ. СПб.: РГГМУ, 2010. 42 с.

14. *Наставления* по кодам. Международные коды. Том I.2, части В – Двоичные коды и С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов. (Дополнение ко II Техническому регламенту ВМО). ВМО-№ 306. 2010. 802 с.

15. *Система* обслуживания гидрометеорологической информацией Cliware. URL: <http://meteo.ru/it/169-cliware> (дата обращения: 13.09.2019).

УДК [551.501+556.043+551.46]:43

**О РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПО РАЗВИТИЮ
И ГАРМОНИЗАЦИИ ЕДИНОЙ МЕТОДИЧЕСКОЙ БАЗЫ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА
В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

И. И. Кашина¹, А. А. Кузнецов²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,*

¹ kii@meteo.ru, ² kuznet@meteo.ru

В рамках Программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства» на 2017 – 2021 годы, разработанной во исполнение постановления Совета Министров Союзного государства от 12.05.2016 г. № 13, предусмотрена научно-исследовательская работа по теме «Развитие и гармонизация единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды» (далее – НИР), шифр «ПП-10-2017/02/22-5».

Данная НИР выполняется ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» совместно с ФГБУ «НПО «Тайфун» и является продолжением проводимых ранее работ по формированию правовой и методической базы деятельности Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды [1–3].

Объектами разработки являются:

- технология ведения и предоставления доступа к фонду организационно-распорядительных, правовых и научно-методических документов, необходимых для обеспечения деятельности Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды;
- нормативные документы в области регулирования нормативной и методической деятельности Союзного государства

в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды;

- Web-сайт Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды.

В статье остановимся на решении задач 1 и 2-го этапов исследований за период 2017–2019 гг.

Основные задачи, решаемые в этот период:

- разработка модернизированной технологии ведения фонда организационно-распорядительных, правовых и научно-методических документов;

- разработка «Инструкции по ведению фонда организационно-распорядительных и научно-методических документов»;

- преобразование и актуализация созданного ранее – в 2007–2011 годах – фонда организационно-распорядительных, правовых и научно-методических документов;

- разработка технологии формирования электронной библиотеки научно-методических документов;

- пополнение электронной библиотеки документами, изданными в 2017–2018 гг.;

- организация доступа через Интернет к электронной библиотеке научно-методических документов;

- разработка типовых документов Союзного государства:

- типового документа РДТ 01-2008 «Нормативные документы типовые. Порядок разработки, утверждения, обновления и отмены»;

- типовых рекомендаций РТ 03 «Метрологическое обеспечение гидрометеорологических измерений. Основные средства измерений гидрометеорологического назначения, применяемые на государственной наблюдательной сети».

- создание и ввод в опытную эксплуатацию новой версии сайта Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды.

При формировании единого подхода к решению поставленных задач широко использовались методы гармонизации и унификации форм представления документов, процедур их

утверждения и доработки, терминов и определений, единой технологии формирования баз данных.

Основанием для гармонизации и унификации являлись:

- единая сфера деятельности – гидрометеорология и загрязнение природной среды;
- длительный практический опыт работы Российской Федерации и Республики Беларусь в рамках Советского Союза, Содружества Независимых Государств (СНГ), Союзного государства.

При этом под гармонизацией понимался способ сближения национальных законодательств и правовых систем, состоящий в выработке общих подходов, моделей регулирования, допускающих определённые расхождения в национальном регулировании.

Унификация рассматривалась как совокупность различных способов, с помощью которых создаются единообразные (унифицированные) нормы и правила.

При решении перечисленных выше задач методы гармонизации использовались при анализе классификаторов правовых актов Российской Федерации и Республики Беларусь как процесс установления их содержательного, структурного, терминологического и кодового соответствия [4, 5].

Гармонизация при разработке нормативных документов, предназначенных для оперативно-производственной деятельности в гидрометслужбах Российской Федерации и Республики Беларусь, осуществлялась путём разработки типовых нормативных документов Союзного государства.

Унификация достигалась путём разработки единых направлений деятельности в области гидрометеорологии при отборе документов для включения в единую базу, единого набора атрибутов описания документов, включаемых в базу, единой технологии ведения базы (ввод документов, актуализация, поиск и визуализация документов), единого интерфейса для пользователей базы.

В процессе преобразования существующей ранее правовой и методической базы Союзного государства:

- из 407 документов, накопленных в прежней базе, были отобраны 208 актуальных правовых документов, которые были

переведены в электронный формат PDF, а их библиографические описания включены в электронный каталог новой базы;

- добавлено 14 правовых документов федерального уровня за 2017–2018 гг.;

- 286 нормативных и научно-методических документов включены в электронную библиотеку (в том числе 25 документов за 2017–2018 гг.);

- проведена работа по индексации организационно-распорядительных и нормативно-правовых документов, включённых в базу данных, по классификаторам правовых актов Российской Федерации и Республики Беларусь. При индексации использовалась разработанная таблица соответствия рубрик классификатора правовых актов Российской Федерации и рубрик Единого правового классификатора Республики Беларусь. В таблицу включены 79 рубрик классификатора Российской Федерации и 59 рубрик классификатора Республики Беларусь [6];

- разработана модернизированная технология ведения базы и инструкция по её ведению и модернизации;

- выдано свидетельство Роспатента о государственной регистрации базы данных «Фонд организационно-распорядительных и научно-методических документов для обеспечения деятельности Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды».

Разработаны основные компоненты технологии электронной библиотеки нормативных и научно-методических документов:

- база данных, содержащая каталог библиографических описаний нормативных и научно-методических документов и связанные с ними файлы документов;

- автоматизированное рабочее место администратора базы данных (управление базой данных, экспорт и импорт данных);

- автоматизированное рабочее место оператора формирования базы данных (составление библиографических описаний документов и включение их в БД);

- клиент-серверная поисковая система, обеспечивающая доступ внешних пользователей к электронной библиотеке.

Управление базой данных электронной библиотеки и процессами её формирования осуществляется средствами АРМ администратора.

АРМ администратора выполняет следующие функции:

- назначение пользователей с различными правами доступа;
- создание, модификация и удаление таблиц базы данных;
- импорт массивов библиографических описаний из других систем;
- экспорт массивов библиографических описаний во внешние файлы;
- настройку стилевого оформления HTML-страниц, отображаемых на компьютере пользователя.

Создание библиографических описаний документов и занесение их в базу данных осуществляется средствами АРМ оператора.

Подсистема ведения электронной библиотеки построена на основе свободно распространяемой реляционной СУБД MySQL, системы управления Web-сайтами Joomla 2.5 и специального программного обеспечения, разработанного в рамках данной НИР.

Разработаны два типовых документа Союзного государства. Типовые рекомендации РТ 03 «Метрологическое обеспечение гидрометеорологических измерений. Основные средства измерений гидрометеорологического назначения, применяемые на государственной наблюдательной сети» содержат сведения о более чем 150 классах средств измерений, применяемых при приземных метеорологических, аэрологических, агрометеорологических, гидрологических, морских гидрологических, радиолокационных, геофизических и гелиогеофизических наблюдениях, а также их основные характеристики.

Новая версия сайта Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды (<http://www.rusbelmeteo.ru/>) включает разделы «Новости»; «Коллегия»; «Программы»; «Документы»; «История» и обеспечивает доступ пользователей Союзного государства ко всем информационным ресурсам, полученным и поддерживаемым по результатам выполнения НИР.

Заключение

Результаты выполненных исследований в настоящий момент используются при выполнении запросов пользователей на организационно-распорядительные, правовые и научно-методические документы, разработки новых нормативных документов, предназначенных для оперативно-производственной деятельности в гидрометслужбах Российской Федерации и Республики Беларусь, на основе типовых документов Союзного государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалёв Н. П., Сомова С. М., Беспрозванных А. В., Готовченкова И. Л., Кашина И. И. Развитие единых автоматизированных систем обработки гидрометеорологических данных и формирование единой базы нормативных документов // Метеоспектр. 2012. № 3. С. 42–45.
2. Кашина И. И., Казаринова М. Т., Сараева Л. С. Формирование единой базы нормативных документов как основа правового и технического регулирования в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды Республики Беларусь и Российской Федерации // Метеоспектр. 2012. № 3. С. 103–105.
3. Ковалёв Н. П., Кашина И. И., Сараева Л. С., Балбуцкий И. М., Сулов Н. М. Разработка и формирование нормативной правовой базы Единой гидрометеорологической службы Союзного государства // Сборник докладов научно-практической конференции «Десять лет сотрудничества России и Беларуси в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды и перспективы его дальнейшего развития», Москва, 12–14 декабря 2006 г. М.: Библиотечка «Российской газеты», 2007. С. 60.
4. О классификаторе правовых актов: Указ Президента Российской Федерации от 15.03.2000 г. № 511 (с изменениями от 5.10.2002 г.) // Собрание Законодательства РФ. 2000. № 12. Ст. 1260. С. 2645–2676.
5. Единый правовой классификатор Республики Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь от 04.01.1999 г. № 1 (ред. от 15.08.2017 г.).
6. Кашина И. И., Кузнецов А. А. Формирование единой базы организационно-распорядительных, нормативно-правовых и научно-методических документов для обеспечения деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и загрязнения природой среды // Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2018. Вып. 182. С. 172–180.

Сборник научных трудов

Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Выпуск 185

Подписано к печати 04.12.2019 г. Формат 60×84/16.

Печать офсетная. Печ. л. 15,58. Тираж 300 экз. Заказ № 30.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск, ул. Королёва, 6.

УДК [551.501 : 004] : 33

Обслуживание различных отраслей экономики и потребителей климатической информацией. Коршунова Н.Н., Трофименко Л.Т., Кузнецова В.Н., Зверева Г.Н., Разуваев В.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 5 – 17.

В статье рассмотрены два способа обслуживания потребителей климатической информацией – через Интернет и в рамках договоров на предоставление информационных услуг. Приводится статистика обращения к специализированным массивам метеорологических данных и электронному научно-прикладному справочнику «Климат России», выставленным на официальном сайте ВНИИГМИ-МЦД. Анализируется и обобщается опыт предоставления климатической информации потребителям в различных отраслях экономики. На примере транспортной отрасли рассмотрены некоторые способы адресного представления климатической информации.

Ключевые слова: климатическая информация, обслуживание потребителей, специализированные массивы, электронный научно-прикладной справочник «Климат России».

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. 22.

УДК 551.586

Оценка биоклиматического индекса суровости климатического режима на территории России. Финаев А.Ф., Разуваев В.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 18 – 39.

Оценка климатической комфортности проживания и трудовой деятельности населения на территории России является важным фактором при планировании экономики. В данной статье представлены результаты расчётов Биоклиматического индекса суровости климатического режима (BISCR) и влияния климатической нагрузки на производительность труда (L_p) для территории России. Оценена возможность использования двух вариантов формул при расчёте индекса за месячный период времени. Представлены сезонные карты BISCR и L_p при среднемесячной и экстремальных температурах воздуха. Полученные результаты можно применять на практике для выделения районов с суровыми климатическими условиями, принятия мер по уменьшению неблагоприятных воздействий и оптимизации трудового процесса в различных природных зонах.

Ключевые слова: климат, биоклимат, метеорология, воздействие климата, экстремальность среды, биоклиматический индекс, производительность труда.

Ил. 5. Табл. 11. Библиогр. 23.

УДК 551.509.33

Короткопериодные колебания климата по данным наблюдений, их закономерности и предпосылки для прогноза с заблаговременностью более одного года. Шерстюков Б.Г. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 40 – 55.

Предложена статистическая модель прогноза температуры поверхности океана с заблаговременностью до двух лет с пространственным разрешением 5° по широте и долготе. Модель построена с учётом известных и гипотетических свойств колебаний в климатической системе. Климатическую систему предложено рассматривать как колебательную систему, возбуждаемую слабыми повторяющимися космическими воздействиями на частотах, близких к собственным частотам системы. Возникающие биения колебаний повторяются через несколько лет, при этом появляются интервалы лет с аналогичной последовательностью возмущений температуры. Прогностическая модель для температуры поверхности океана основана на выделении ансамбля отрезков-аналогов во временных рядах с подобной последовательностью появления аномалий температуры, как следствие предполагаемых биений.

Испытание модели на ретроспективных прогнозах по независимым данным в узлах географической сетки Северной Атлантики показало, что оправдываемость прогноза аномалий месячной и среднесезонной температуры поверхности океана с заблаговременностью один – два года составляет 69 – 81 %.

Ключевые слова: прогностическая модель, температура поверхности океана, резонансы, биения колебаний, космическое воздействие.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. 6.

УДК 551.583

Характеристики климатических изменений уровня морей России за последние 40 лет. Воронцов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 56 – 66.

В статье рассмотрены изменения уровня моря на основании выполненных расчётов на побережье российских морей за последние 40 лет. Выделены характерные виды многолетнего годового хода уровня моря. Подтверждён положительный тренд в изменении уровня моря на характерных гидрометеорологических станциях.

Ключевые слова: уровень моря, гидрометстанция, моря России, тренд.

Ил. 4. Табл. 3. Библиогр. 16.

УДК 551.501.777

Специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм.
Швец Н.В., Разуваев В.Н., Катина С.П. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 67 – 76.

В рамках реализации информационного обеспечения климатических исследований представлен специализированный массив данных числа дней с осадками ≥ 1 мм на станциях Российской Федерации. Даётся описание специализированного массива данных, размещённого на сайте ВНИИГМИ-МЦД для свободного доступа. Наряду с базой данных подготовлена информация, позволяющая устранить возможную неоднородность в рядах метеоданных. Сюда относятся сведения о переносе станции, смене приборов и методик наблюдения, сведения об изменениях в ландшафте, информация о прекращении или возобновлении метеонаблюдений.

Ключевые слова: климат, специализированная база данных, информационное обеспечение, число дней с осадками ≥ 1 мм.

Табл. 2. Библиогр. 12.

УДК 551.524

Изменение температуры воздуха на Европейской территории России.
Финаев А.Ф., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Кузнецова В.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 77 – 89.

В статье представлены результаты оценки изменения средней температуры воздуха, экстремальных значений, их дневного диапазона (Diurnal Temperature Range, или DTR) за весь период наблюдений для трёх регионов Европейской территории России. Объяснена неоднозначность оценок изменения DTR, полученная в исследованиях других авторов.

Ключевые слова: климат, метеорология, температура воздуха, DTR, экстремальные температуры воздуха, изменение климата.

Ил. 8. Табл. 4. Библиогр. 16.

УДК 681.518:551.5

Средства контроля качества агрометеорологической информации.

Романенко Л. И., Згура А. Ю. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 90 – 104.

Рассматриваются средства контроля данных агрометеорологических наблюдений, разработанные в среде АРМ агрометеоролога, на стадии ввода данных в ПЭВМ, первичной обработки данных и формирования базы данных.

Ключевые слова: агрометеорологическая информация, принципы контроля, алгоритмы контроля.

Ил. 15. Библиогр. 12.

УДК 551.510.522

Повторяемость инверсий температуры по данным наблюдений на аэрологической станции Салехард. Козлова Л. Ф., Хохлова А. В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 105 – 114.

Выполнен анализ повторяемости приземных и высотных температурных инверсий по данным радиозондовых измерений на российской станции Салехард. Повторяемость инверсий определена за период 1978 – 2018 гг. Проведено сравнение с аналогичными справочными характеристиками за период 1959 – 1968 гг. Показано, что в целом характер годового хода повторяемости на станции Салехард практически повторяет годовой ход по более ранним наблюдениям. Наблюдается увеличение числа случаев приземных инверсий в тёплом полугодии и, наоборот, некоторое снижение повторяемости приземных инверсий в зимние месяцы для обоих сроков. Можно отметить также увеличение повторяемости приподнятых инверсий в вечерние часы по всем сезонам.

Ключевые слова: атмосфера, климат, температурные инверсии, радиозондовые наблюдения.

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр. 8.

УДК 551.576.1:551.583.1

Годовой ход параметров сплошных облачных слоёв над Арктикой на фоне их глобальных оценок по многолетним радиозондовым данным. Черных И.В., Алдухов О.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 115 – 135.

В данной работе на основе данных радиозондирования атмосферы за 1964 – 2017 гг. получены оценки внутригодовых изменений многолетних средних сезонных значений параметров сплошных облачных слоёв в разных атмосферных слоях над Арктикой и земным шаром в целом. Определение границ и количества облачности в слое от поверхности земли до высоты 10 км выполнены с использованием СЕ-метода по профилям температуры и влажности, полученным при радиозондировании атмосферы.

Ключевые слова: Арктический регион, облачные слои, вертикальная макроструктура, средние сезонные значения, годовой ход, данные радиозондирования атмосферы.

Ил. 6. Табл. 2. Библиогр. 45.

УДК 551.506.7

О проблемах архивации аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодах BUFR по глобальной сети станций. Руденкова Т.В., Тимофеев А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 136 – 145.

В ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» ведутся опытные работы по архивации текущих аэрологических данных, поступающих по ГСТ в виде сообщений в таблично-ориентированных кодовых формах (BUFR) по вновь разработанной технологии архивации и проводится мониторинг состава и содержания опытных файлов нового массива АЭРОБАФР. В статье описаны некоторые проблемы архивации текущих аэрологических данных. Приведены примеры и описаны обнаруженные систематические ошибки в данных по конкретным станциям в данных опытных файлов.

Ключевые слова: проблемы архивации, аэрологические данные, глобальная сеть станций, глобальная сеть телесвязи, кодовая форма BUFR.

Ил. 5. Табл. 1. Библиогр. 7.

УДК 681.518:551.5

Автоматизированное рабочее место агрометеоролога (ARMAGRO). Романенко Л.И., Згура А.Ю., Шевченко А.И. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 146 – 163.

Рассматриваются функциональные блоки программно-технологического комплекса АРМ агрометеоролога, являющегося многофункциональной под-системой, реализующей три уровня обработки:

1. Сбор и первичную обработку исходных данных наблюдений.
2. Обработку и обобщение результатов наблюдений за определённый интервал времени и формирование отчётной продукции.
3. Подготовку данных в промежуточных форматах хранения данных для формирования баз первичных агрометеорологических данных (БПД).

Излагаются принципы построения программно-технологических средств, базовые средства, используемые БД, языки программирования.

Ключевые слова: программно-технологический комплекс, базы данных, базовые средства.

Ил. 12. Библиогр. 7.

УДК 551.465.7

О плотности траекторий и районах генезиса внетропических циклонов, выходящих на Европейскую территорию России. Вязилова Н.А., Вязилов А.Е. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 164 – 174.

Представлено исследование плотности траекторий внетропических циклонов, выходящих на Европейскую территорию России в зимнюю и летнюю половину года, а также распределение траекторий циклонов по районам генезиса и длине жизни за период с 1979 по 2018 год. Траектории циклонов рассчитаны автоматизированным методом на основе синоптических данных приземного давления, данных реанализа-2 NCAR/NCEP DOE (США).

Ключевые слова: внетропические циклоны, траектории, генезис.

Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. 14.

УДК 551.553.6

Определение климатических характеристик скорости ветра на высотах до 600–650 метров по приземным измерениям. Хохлова А.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 175–186.

Предложен алгоритм определения скорости и направления ветра на высотах 600–650 м по приземным измерениям скорости ветра. Определение характеристик ветра на высоте основано на использовании степенного и логарифмического законов для скорости ветра и формул Экмана для направления ветра. Выполнен расчёт скорости ветра на высоте 600–650 м по приземным данным на трёх станциях (Москва, Мурманск, Барнаул). Показатель степени и параметр шероховатости определяются по 10-летней выборке аэрологических измерений на этих станциях для каждого календарного месяца. Полученные значения коэффициентов удовлетворительно согласуются с известными средними значениями, при этом они имеют максимальные значения в холодный период года и минимальные – в тёплый период. С учётом коэффициентов на независимой выборке за один год определены средние скорости ветра и розы ветров на высоте 600–650 м от уровня земли. Полученные характеристики удовлетворительно согласуются с соответствующими характеристиками, рассчитанными по данным аэрологических измерений.

Ключевые слова: скорость ветра, приземный слой атмосферы, климатические характеристики, радиозондовые наблюдения.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. 12.

УДК 681.518:551.5

Технология формирования ежегодника по снежному покрову и создания файлов архивного хранения в автономном программном комплексе ПЕРСОНА СНП. Правосудько Т.П., Амельченко Е.В., Волкова Л.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 187–203.

Приводится описание этапов информационной технологии по формированию комплекта таблиц Ежегодника по снежному покрову с годовыми обобщениями режимной метеорологической информации станций и постов за холодный период двух смежных календарных лет и созданию файлов архивного хранения с данными Ежегодника в формате «SNPOKROV» для пополнения информационной базы метеорологических данных ЕГФД историческими сведениями о состоянии снежного покрова на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: информационная технология, программно-технологический комплекс, формат хранения «SNPOKROV», архив данных Ежегодника по снежному покрову.

Ил. 7. Библиогр. 3.

УДК 551.515:656.13

Динамика воздействий условий погоды и экономический эффект специализированного гидрометеорологического обеспечения автотранспортной системы. Рыбанова А.Ю., Воробьева Л.Н., Фокичева А.А., Коршунов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 204 – 221.

На основе официальных данных представлены результаты статистического анализа воздействия опасных явлений на автотранспортную систему по субъектам РФ за последние два десятилетия. Приводится динамика экономического эффекта гидрометеорологического обеспечения транспорта. Подчёркнута важность получения дополнительных статистических и экономических данных, определяющих опасность воздействия опасных гидрометеорологических явлений на автотранспортную систему.

Ключевые слова: автотранспортная система, опасные гидрометеорологические явления, неблагоприятные условия погоды, опасность воздействия, повторяемость опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. 14.

УДК 681.518:551.5

Программное обеспечение формирования режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций в составе Автоматизированной системы первичной обработки текущей метеорологической информации станций ПЕРСОНА МИС. Амельченко Е.В., Зубрицкая Е.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 222 –243.

Приведено описание нового программного обеспечения формирования режимной части информации по данным автоматических метеорологических станций (АМС) с использованием оперативных телеграмм КН-01 SYNOP в составе системы ПЕРСОНА МИС.

Ключевые слова: метеорологические наблюдения, автоматизированная система первичной обработки гидрометеорологической информации ПЕРСОНА МИС, автоматическая метеорологическая станция, оперативная телеграмма КН-01 SYNOP.

Ил. 5. Библиогр. 15.

УДК [551.501+556.043+551.46]:43

О реализации задач по развитию и гармонизации единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды. Кашина И.И., Кузнецов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 244–249.

Рассмотрены практические аспекты реализации единой технология ведения базы (ввод документов, актуализация, поиск и визуализация документов), единого интерфейса для пользователей базы в рамках научно-исследовательской работы «Развитие и гармонизация единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды».

Ключевые слова: Союзное государство, единая гидрометслужба, классификатор правовых актов, база нормативных, правовых документов, гармонизация правовых актов.

Библиогр. 6.

UDC [551.501:004]:33

Providing services for different economic sectors and users of climate information. Korshunova N.N., Trofimenko L.T., Kuznetsova V.N., Zvereva G.N., Razuvaev V.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 5 – 17.

The article considers two ways of providing services for users of climate information – through Internet and via agreements for providing information services. Statistics of access to specialized meteorological data sets and to electronic scientific and applied directory «Climate of Russia», which is available from the RIHMI-WDC official site, are given. Practice of providing climate information for users in different economic sectors is analyzed and summarized. Some of the ways of user-oriented provision of climate information are considered with the transport sector taken as an example.

Keywords: climate information, providing services for users, specialized data sets, electronic scientific and applied directory «Climate of Russia».

Fig. 3. Tab. 4. Ref. 22.

UDC 551.586

Assessment of bioclimatic index of severity of climatic regime on the territory of Russia. Finaev A.F., Razuvaev V.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 18 – 39.

Assessment of climate-related quality of life and working conditions of the population in Russia is an important factor in economic planning. This article describes the results of calculation of the Bioclimatic Index of Severity of Climatic Regime (BISCR) and the impact of climate load on labor productivity (L_p) for the territory of Russia. The possibility of using the two variants of formulas in monthly index calculation is estimated. Seasonal BISCR and L_p maps with monthly and extreme air temperatures are presented. The obtained results can be practically applied to determine areas with severe climatic conditions, take measures to reduce adverse climate impacts and optimize labor process in various natural zones.

Keywords: climate, bioclimate, meteorology, climate impact, environmental extremity, bioclimatic index, labor productivity.

Fig. 5. Tab. 11. Ref. 23.

UDC 551.509.33

Short-period climate variations from observational data, their regularities and prerequisites for forecasting with lead time of more than one year. Sherstyukov B. G. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 40 – 55.

A statistical model of ocean surface temperature prediction with lead time of two years with a five-degree spatial resolution in latitude and longitude is proposed. The model is constructed taking into account the known and hypothetical properties of oscillations in the climate system. It is proposed to consider the climate system as an oscillatory system excited by weak repetitive cosmic influences at frequencies close to the natural frequencies of the system. The resulting oscillation beats are repeated every few years; in this case the intervals of years with the similar sequence of temperature perturbations emerge. The prognostic model for ocean surface temperature is based on the highlighting of an ensemble of analogous segments in the time series with the similar sequence of temperature anomalies as a consequence of the beats assumed.

Testing of the model from retrospective forecasts based on independent data at the North Atlantic geographic grid points showed that the accuracy of the forecast of monthly and average seasonal ocean surface temperature anomalies with lead time of one – two years is 69 – 81 %.

Keywords: prognostic model, sea surface temperature, resonances, beats of oscillations, space impact.

Fig. 2. Tab. 3. Ref. 6.

UDC 551.583

Characteristics of climatic changes in the Russian sea level in the recent 40 years. Vorontsov A. A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 56 – 66.

The changes in the sea level are considered from calculations at the Russian sea coasts in the recent 40 years. The statistics of the sea level regime in the investigated area for the period 1977 – 2018 are given. A positive trend of the sea level change at the selected hydrometeorological stations is confirmed.

Keywords: sea level, hydrometeorological station, seas of Russia, regime, trend.

Fig. 4. Tab. 3. Ref. 16.

UDC 551.501.777

Specialized data set containing the number of days with precipitation equal to or more than 1 mm. Shvets N.V., Razuvaev V.N., Katina S.P. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 67 – 76.

Specialized database containing the number of days with precipitation equal to or more than 1 mm is presented under implementation of information support of climate research. The data were obtained at Russian meteorological stations. Specialized database is described that is posted on the RIHMI-WDC website for free access. Along with the database, the information is prepared that allows the possible inhomogeneities in meteorological data series to be removed. This includes data on station transfer, change of instruments and observation procedures, changes in landscape, as well as information on termination or renewal of meteorological observations.

Keywords: climate, specialized database, information support, the number of days with precipitation equal to or more than 1 mm.

Tab. 2. Ref. 12.

UDC 551.524

Air temperature change over European Russia. Finaev A.F., Razuvaev V.N., Trofimenko L.T., Kuznetsova V.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 77 – 89.

The article presents results of the assessment of change in mean air temperature, extreme values and their Diurnal Temperature Range (DTR) on record for three regions of European Russia. It also explains the ambiguity of DTR change estimates obtained by different authors in the previous studies.

Keywords: climate, meteorology, air temperature, DTR, extreme air temperatures, climate change.

Fig. 8. Tab. 4. Ref. 16.

UDC 681.518:551.5

Means of agrometeorological information quality control. Romanenko L.I., Zgura A.Yu. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 90 – 104.

The article discusses the means of agrometeorological data quality control at the stages of data entry, primary data processing and database creation. The means are developed in the agrometeorologist WS environment.

Keywords: agrometeorological information, quality control principles, quality control algorithms.

Fig. 15. Ref. 12.

UDC 551.510.522

Climatic characteristics of surface temperature inversions on upper air data from Salekhard station. Kozlova L.F., Khokhlova A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 105 – 114.

The frequency of surface and high-altitude temperature inversions is analyzed from radiosonde measurements at the Russian Salekhard station. The frequency of inversions is determined for the period 1978 – 2018. This was compared with the similar background characteristics for the period 1959 – 1968. It is shown that the annual variation in the frequency at the Salekhard station is generally similar to the earlier one. There is an increase in the number of cases of surface inversions in the warm half of the year and a slight decrease in the frequency of surface inversions in the winter months for the both periods. We can also note the increase in the frequency of raised inversions in the evening hours for all seasons.

Keywords: atmosphere, climate, temperature inversions, radiosonde observations.

Fig. 5. Tab. 2. Ref. 8.

UDC 551.576.1:551.583.1

Annual changes in parameters of overcast layers over the Arctic Region against their global estimations from long-term radiosounding data. Chernykh I.V., Aldukhov O.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 115 – 135.

The annual changes in long-term mean seasonal values of overcast in different atmospheric layers over the Arctic Region and the whole Globe are estimated from radiosounding data for 1964 – 2017. By using CE-method, the boundaries and amount of clouds from the surface to the 10-km height were determined from temperature and humidity profiles obtained in atmospheric radiosounding.

Keywords: Arctic Region, cloud layers, vertical macrostructure, mean seasonal values, annual changes, upper air data.

Fig. 6. Tab. 2. Ref. 45.

UDC 551.506.7

On the archiving of upper-air data received from GTS in BUFR codes for the global network of stations. Rudenkova T.V., Timofeev A.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 136 – 145.

RIHMI-WDC is involved in development work on the archiving of current upper-air data received from GTS in the form of messages in Table-Driven Code Forms (BUFR) by using new archiving technology. The Institute also performs monitoring of the structure and content of test files of the new AEROBUFR dataset. Some of the problems of current upper-air data archiving are described. Systematic errors found in the data of test files for specific stations are described with the examples given.

Keywords: archiving problems, upper-air data, global network of stations, Global Telecommunication System, BUFR code.

Fig. 5. Tab. 1. Ref. 7.

UDC 681.518:551.5

Agrometeorologist's Automated Workstation (AGROAW). Romanenko L.I., Zgura A.Yu., Shevchenko A.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 146 – 163.

The article discusses functional blocks of the software application «Agrometeorologist's Automated Workstation» which is a multifunctional subsystem implementing three stages of data processing:

1. Acquisition and pre-processing of primary observation data.
2. Processing and generalization of observation results for the specified period and creating reports.
3. Preparing data in intermediate data storage formats for creating primary agrometeorological databases (PDB – Primary DataBase).

The article states the principles of the applications' design, basic methods, databases and programming languages used.

Keywords: software application, databases, basic methods.

Fig. 12. Ref. 7.

UDC 551.465.7

On the tracks density and regions of extratropical cyclones genesis over European Russia. Vyazilova N.A., Vyazilov A.E. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 164 – 174.

The paper presents the study on the extratropical cyclonic tracks density over European Russia and a geographical distribution of cyclonic tracks over genesis regions and lifetime in winter and summer seasons for the period 1979–2018. Cyclone tracks are calculated based on automated cyclone identification and tracking algorithm using the 6-hourly SLP dataset of NCEP/NCAR DOE reanalysis.

Keywords: extratropical cyclones, cyclonic tracks, genesis.

Fig. 2. Tab. 2. Ref. 14.

UDC 551.553.6

Determination of wind speed climatic characteristics at altitudes of 600 – 650 m from surface measurements. Khokhlova A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 175 – 186.

An algorithm for determining the wind speed and direction at altitudes of 600 – 650 m from wind speed surface measurements is proposed. The determination of wind characteristics at altitudes is based on the use of power and logarithmic laws for wind speed and Ekman formulas for wind direction. The calculation of wind speed at an altitude of 600 – 650 m is done from surface data at 3 stations (Moscow, Murmansk, Barnaul). The power and a roughness parameter are determined from a 10-year sample of upper-air measurements at these stations for each calendar month. The obtained values of the coefficients are in satisfactory agreement with the known average values, these having maximum values in the cold period of the year and minimum values in the warm period. With regard to the coefficients in the one-year independent sample, average wind speeds and wind roses are determined at an altitude of 600 – 650 m from the ground. The obtained characteristics are in satisfactory agreement with the corresponding characteristics calculated from upper-air measurements.

Keywords: wind speed, surface layer of the atmosphere, climatic characteristics, radiosonde observations.

Fig. 4. Tab. 2. Ref. 12.

UDC 681.518:551.5

Technology of Snow Yearbook formation and creation of data archiving files in SNP PERSONA standalone software application. Pravosudko T.P., Amelchenko E.V., Volkova L.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 187 – 203.

The paper describes stages of the information technology on the formation of Snow Yearbook's tables with annual generalizations of meteorological information from stations and posts for the cold period of the two adjacent calendar years. The paper also presents the technology of creating the Yearbook data archiving files in the SNPOKROV format for the meteorological database seeding with historical information on the state of the snow cover over the territory of the Russian Federation.

Keywords: information technology, software application, data storage format SNPOKROV, data archive of the Yearbook on snow cover.

Fig. 7. Ref. 3.

UDC 551.515:656.13

Weather impact dynamics and economic effect of specialized hydrometeorological support provided for the highway transport system. Rybanova A.Yu., Vorobiova L.N., Fokicheva A.A., Korshunov A.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 204 – 221.

Results of the statistical analysis of the hazards impact on the vehicle system are presented for the last two decades for the constituent entities of the Russian Federation. The benefit of hydrometeorological support of transport is shown in moving fashion. It is emphasized that additional statistical and economic data that determine the danger of the impact of hydrometeorological hazards on the vehicle system are very important.

Keywords: vehicle system, hydrometeorological hazards, unfavourable weather, danger of impact, frequency of hydrometeorological hazards and unfavourable weather.

Fig. 4. Tab. 2. Ref. 14.

UDC 681.518:551.5

Software for monitoring data generation from automatic weather stations' data as part of the Automated primary data processing system for current meteorological information of the stations PERSONA MIS. Amelchenko E.V., Zubritskaya E.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 222 – 243.

The paper describes new software for monitoring data generation from automatic weather stations' (AWS) data by operational telegrams KN-01 SYNOP as part of the PERSONA MIS system.

Keywords: meteorological observations, automated system of primary processing of hydrometeorological information PERSONA MIS, automatic weather station, operational telegram KN-01 SYNOP.

Fig. 5. Ref. 15.

UDC [551.501+556.043+551.46]:43

About realization of tasks on the development and harmonization of the unified methodological base of the Union State activity in hydrometeorology and environmental monitoring. Kashina I.I., Kuznetsov A.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2019. N 185. P. 244 – 249.

Practical aspects of the implementation of the single database management system (documents input, updating, search and visualization of documents), the single interface for the database users in the framework of the research work «Development and harmonization of the unified methodological base of the Union State activity in hydrometeorology and environmental monitoring» are considered.

Keywords: Union State, unified hydrometeorological service, classifier of legal acts, base of normative and legal documents, harmonization of legal acts.

Ref. 6.