

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
2021

Адрес: 249031, Обнинск, ул. Королёва, 6
Телефон: (484) 396-40-85
Факс: (484) 396-86-11
E-mail: wddb@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 продолжена публикация статей, подготовленных сотрудниками ВНИИГМИ-МЦД за период по 2021 год включительно. Публикации посвящены различным направлениям научной и научно-оперативной деятельности института в контексте задач, поручаемых институту планами Росгидромета, задач других программ и проектов, в которых участвуют специалисты института.

Рассматриваются аспекты развития технологий Госфонда и применения материалов и технологий Госфонда для обслуживания потребителей гидрометеорологической информацией. Рассматриваются различные технологии управления данными об окружающей среде, вопросы каталогизации документов Госфонда, методические и технологические вопросы ведения фондов данных Госфонда и фондов научно-технической информации. Описаны массивы климатических данных и результаты их эмпирико-статистического анализа. Обсуждаются определения такого важнейшего явления в климатической системе Земли, как Эль Ниньо – Южное колебание. Проблеме меняющегося климата, проявлениям изменений различных компонент климата посвящены несколько публикаций. Ряд публикаций содержит сведения справочно-методического характера, необходимые для сотрудников Росгидромета, в первую очередь для работников сетевых организаций.

Сборник будет полезен сотрудникам Росгидромета, широкому кругу специалистов, заинтересованных в использовании информации об окружающей природной среде.

The Collected Book pursues publishing papers prepared by the RIHMI-WDC scientific researchers in the period up to 2021. The publications are devoted to different scientific and operational activities of the Institute in the context of the tasks entrusted by Roshydromet, as well as the other programmes and projects implemented by the Institute's specialists.

The papers address different aspects of the development of the State Data Fund technologies and their application in providing services to users of hydrometeorological information. The following issues are also considered: technologies of environmental data management, cataloging of State Data Fund documents, methodical and technological problems of State Data Fund data maintenance and scientific and technical information funds. Climate data sets and results of climate data empirical and statistical analysis are described. Determinations of El Nino-Southern Oscillation, one of the most important events in the climate system of the Earth, are discussed. Some of the publications are devoted to the problem of climate change and manifestations of changes in different climate components. A number of publications contain referral and methodical information required for the Roshydromet staff and primarily for those who represent network organizations.

The Collected Book will be helpful to the Roshydromet staff and a wide circle of specialists who are interested in the application of environmental information.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Финаев А. Ф., Разуваев В. Н.</i> Оценка трендов температуры воздуха в России с использованием однородных данных	5
<i>Аржанова Н. М., Коршунова Н. Н.</i> Оценка многолетних изменений характеристик гололёдно-изморозевых отложений на территории России	18
<i>Шерстюков Б. Г.</i> Лесные пожары России в условиях изменяющегося климата.....	30
<i>Шаймарданов В. М.</i> О деятельности организаций Росгидромета по ведению Госфонда данных.....	41
<i>Алдухов О. А., Черных И. В.</i> Вертикальная структура многолетних статистических характеристик скорости ветра в нижнем слое тропосферы над земным шаром по результатам радиозондирования атмосферы за 1964–2018 гг.....	57
<i>Вязилова Н. А.</i> Эль Ниньо – Южное колебание. Методика определения.....	71
<i>Вязилова Н. А., Вязилов А. Е.</i> О циклонической активности в Северной Атлантике в зимний сезон по данным реанализов ERA-5 и NCEP/DOE	81
<i>Алдухов О. А., Черных И. В.</i> Географическое распределение трендов первого и второго порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на разных высотах в атмосферном слое 0–2 км над Арктикой по результатам радиозондовых наблюдений за 1964–2018 гг.	93
<i>Беспрозванных А. В., Сенова Л. Н., Ульянич Н. Л., Шерстюкова Р. А.</i> Автоматизированная система учёта наблюдательных подразделений (АСУНП) Росгидромета.....	115
<i>Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З.</i> Система обеспечения пользователей данными об опасных явлениях на основе информационных массивов долговременного хранения Единого Государственного Фонда Данных...126	
<i>Рыбанова А. Ю., Воробьёва Л. Н.</i> Экономическая полезность использования гидрометеорологической информации в 2020 году.....	144
<i>Шамин С. И., Санина А. Т.</i> Основные тенденции появления опасных гидрометеорологических явлений, нанёсших ущерб на территории Российской Федерации....	154
<i>Беспрозванных А. В., Шерстюкова Р. А., Ульянич Н. Л., Сенова Л. Н.</i> Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare 2.1 – методика расчётов обобщённых характеристик метеорологических величин.....	167
<i>Яковенко Л. И., Готовченкова И. Л., Шевченко А. И.</i> Подготовка справочных изданий водного кадастра при автоматизированной обработке данных гидрологических наблюдений.....	177
<i>Сенова Л. Н.</i> Структура и содержание таблиц базы данных аэрологических и синоптических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR.....	189
<i>Шевченко А. И., Готовченкова И. Л., Степанова Е. М.</i> Разработка нового программного комплекса сбора, обработки и накопления данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам для режимных целей.....	211
<i>Готовченкова И. Л., Шевченко А. И., Яковенко Л. И.</i> Обзор изменений в методике режимной обработки данных гидрологических наблюдений на водотоках (реки и каналы).....	220

CONTENTS

<i>Finaev A. F., Razuvayev V. N.</i> Assessment of air temperature trends in Russia using results of data homogenization	5
<i>Arzhanova N. M., Korshunova N. N.</i> Estimating long term changes of glaze-ice and rime deposition characteristics over the Russian territory.....	18
<i>Sherstyukov B. G.</i> Forest fires in Russia in changing climate.....	30
<i>Shaimardanov V. M.</i> Activities of Roshydromet's organizations on the maintenance of the State Environmental Data Fund (SEDF)	41
<i>Aldukhov O. A., Chernykh I. V.</i> Vertical structure of multi-year statistical characteristics of wind speed in the lower troposphere over the Globe from results of atmospheric radiosounding for 1964–2018.....	57
<i>Viazilova N. A.</i> The El Niño – Southern Oscillation. Determination methods.....	71
<i>Viazilova N. A., Viazilov A. E.</i> On cyclonic activity in the North Atlantic in winter based on ERA-5 and NCEP/DOE reanalyses	81
<i>Aldukhov O. A., Chernykh I. V.</i> Geographical distribution of first and second-order trends in average annual air temperature anomalies at different heights in the 0–2 km atmospheric layer over the Arctic Region from radiosounding results for 1964–2018.....	93
<i>Besprozvannykh A. W., Senova L. N., Ulyanich N. L., Sherstyukova R. A.</i> Automated accounting system for observation units (ASUNP) of Roshydromet.....	115
<i>Korshunov A. A., Shaimardanov V. M., Shaimardanov M. Z.</i> A system of providing users with data on hazards based on the long-term storage data sets available in the Unified State Data Fund.....	126
<i>Rybanova A. Yu., Vorobyova L. N.</i> Benefit from using hydrometeorological information in 2020	144
<i>Shamin S. I., Sanina A. T.</i> Major trends in hydrometeorological hazards that did damage on the territory of the Russian Federation.....	154
<i>Besprozvannykh A. W., Sherstyukova R. A., Ulyanich N. L., Senova L. N.</i> CliWare 2.1 system for hydrometeorological information management and climatic products receiving: calculation method for obtaining generalized characteristics of meteorological variables	167
<i>Yacovenko L. I., Gotovchenkova I. L., Shevchenko A. I.</i> Preparation of reference editions of the water cadastre for automated processing of hydrological observation data.....	177
<i>Senova L. N.</i> The content and structure of the database tables with aerological and synoptic observations arriving via communication channels in the BUFR code.....	189
<i>Shevchenko A. I., Gotchenkova I. L., Stepanova E. M.</i> Development of new software for collection, processing and accumulation of hydrological observation data on rivers and canals for regime purposes	211
<i>Gotovchenkova I. L., Shevchenko A. I., Yacovenko L. I.</i> Review of changes in methodology of hydrological observation data processing on watercourses (rivers and canals)	220

УДК 551.524

ОЦЕНКА ТРЕНДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОРОДНЫХ ДАННЫХ

А. Ф. Финаев¹, В. Н. Разуваев

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

¹ afinaev@meteo.ru

Введение

Большое количество научных исследований, имеющих глобальный [1] и региональный [2] масштаб, посвящено оценке изменения климата. Ключевой характеристикой для развития таких сценариев является температура воздуха [3, 4, 5, 6]. Температура, как параметр атмосферы, измеряется приборами, имеющими высокую точность и стабильность. Несмотря на это, в температурных рядах часто присутствуют неклиматические колебания (неоднородности). Причинами этого могут быть: изменения в контрольно-измерительных приборах, местные условия и окружающая среда, различные методы и сроки наблюдений, а также перемещение станции или её замена на автоматическую метеостанцию (АМС) и т.д. Неоднородность температурных записей может серьёзно помешать правильной оценке любых климатических тенденций и экстремальных явлений [7]. По этой причине тестирование и корректировка (при необходимости) временных рядов температуры стали важным компонентом анализа климата.

Массив данных по температуре воздуха, имеющийся во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных (ВНИИГМИ-МЦД) [8], проверен на качество. Информация из 518 пунктов наблюдения находится в свободном доступе. Несмотря на проверку качества, данные этого массива также неоднородны по различным причинам. Поэтому результаты оценки изменения температуры воздуха за длительный период могут быть не совсем точными.

Обнаружение неоднородностей в температурных рядах осуществляется многочисленными методами, разработанными в различных странах. Комиссией по климатологии при Всемирной метеорологической организации (ВМО) проанализировано большое количество методов [9], и часть из них рекомендована для использования [10]. Почти все методы основаны на сравнении данных исследуемой станции с данными соседних станций или эталонных рядов. Такой ряд составляется искусственно с использованием данных соседних станций. Корреляция годовых значений температуры воздуха между соседними станциями уменьшается почти экспоненциально в зависимости от расстояния. В связи с этим оптимальное использование методов получения однородных данных по корреляции с соседними пунктами можно выполнять при расстоянии между станциями до 20 км [11]. В исследуемом массиве данных только 1 % станций находится на расстоянии менее 20 км друг от друга и 38 % – на расстоянии от 20 до 100 км [12]. По этим причинам применять методы, использующие корреляцию между соседними станциями не целесообразно.

Из рекомендованного ВМО списка программ [9] только одна может выполнять расчёт однородных рядов без использования эталонного ряда. Поэтому однородные ряды среднемесячной температуры воздуха для сети из 518 станций на территории России были получены с помощью программного пакета RHtests [13], реализованного на платформе R и рекомендованного комиссией по климатологии при Всемирной метеорологической организации [10]. Сравнение однородных и неоднородных данных среднемесячной температуры воздуха за весь период наблюдений (1743–2018 гг.) [12] показало, что имеются изменения как в положительную, так и в отрицательную стороны. Однородные данные показывают, что в среднем за год температура воздуха повысилась на 0,3 °C [14]. Результаты гомогенизации данных Швейцарии показали увеличение тенденции среднегодовой температуры в диапазоне от 0,9 до 1,1 °C/100 лет на станциях к северу от главного альпийского хребта, и на 0,6 °C/100 лет – на южных станциях [15]. Исследования данных из Канады также показали, что после гомогенизации данных коэффициент тренда

температуры воздуха увеличился [16]. В связи с этим возникает вопрос об оценке изменения тенденции температуры воздуха на территории России при использовании однородных данных, которые получены в более ранних исследованиях [12, 14]. Настоящая работа призвана прояснить эту ситуацию.

Данные и методы

Массив исследуемых данных 518 метеорологических станций охватывает весь период наблюдений – с 1743 по 2018 год. В рядах данных имеются значительные перерывы наблюдений, особенно в начале периода. Распределение пунктов наблюдений по территории неравномерно. Если в северных районах станции расположены далеко друг от друга, то к югу их плотность увеличивается. Кроме того, в разные временные интервалы менялось количество работающих станций и, соответственно, их распределение по территории. Для расчёта среднегодовой температуры использовались многолетние ряды исходных неоднородных данных средней месячной температуры воздуха (T) и результаты их гомогенизации. Год, в котором отсутствовали данные за какой-либо месяц, исключался из дальнейших расчётов.

Пакет Rhtests позволяет получить два варианта однородных данных. Первый вариант однородных данных получен при помощи корреляционной модели без использования эталонного ряда (T_h), а для второго варианта однородных данных (T_{qm}) применялась корректировка с использованием алгоритма квантильного согласования (Quantile-Matching или QM) [17]. Авторы пакета RHTests [13] и другие исследователи [6] считают, что использование алгоритма QM улучшает результат корректировки.

Коэффициент тенденции температуры воздуха для каждого месяца на каждой станций с неоднородными данными (K_t) и двумя вариантами однородных данных (K_{th} , K_{tqm}) был рассчитан по среднемесячным показаниям методом наименьших квадратов. Такие расчёты показывают разницу тренда температуры для отдельных станций, но использовать эти данные для оценки всей территории не совсем корректно из-за неравномерного

географического расположения станций, различного расстояния между ними и продолжительности наблюдения на них.

В связи с этим оценка распределения K_t , K_{th} и K_{tqm} по всей территории и выявление ошибок тренда неоднородных данных (dK_t) проводились по моделированным среднегодовым картам. Для этого на первом этапе были построены карты K_t , K_{th} и K_{tqm} для 12 месяцев, а затем, используя эти карты, рассчитаны среднегодовые карты этих параметров.

Моделирование карт проводилось при помощи инструментов ArcGIS с использованием интерполяционного метода Кригинга [18]. Такая модель учитывает не только данные пункта, но и его весовой вклад в зависимости от расстояния между пунктами. Размер ячейки выходного растра определяется автоматически в зависимости от расстояния между станциями и их количества и в нашем случае составляет $15,66 \times 15,66$ км.

Для построения цифровой карты климатической характеристики важно иметь относительно стабильное количество пунктов наблюдения и их равномерное распределение по территории за исследуемый временной период. В настоящей работе данные наблюдений за температурой воздуха охватывают период с 1743 по 2018 год. В этот временной интервал количество одновременно работающих станций постоянно менялось (рис. 1).

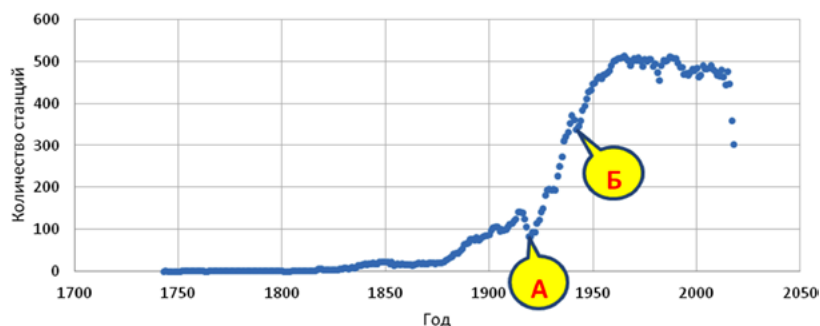


Рис. 1. Количество одновременно работающих станций, имеющих среднегодовые данные по температуре воздуха за период с 1743 по 2018 год. Причины сокращения количества станций:

А – Первая мировая и гражданская войны (1914–1925 гг.);

Б – Отечественная война (1941–1945 гг.).

Как видно из рис. 1, до начала XX века количество станций не превышало ста пунктов. Это очень мало для такой страны, как Россия, а их расположение не охватывает всю огромную территорию. В последующие годы количество наблюдательных пунктов резко возросло, но на графике можно выделить два спада, когда количество работающих станций уменьшилось. Это было связано с периодами Первой и Второй мировых войн. Однако с некоторого момента количество работающих станций стало относительно стабильным. Поэтому для моделирования цифровых карт среднегодовой температуры воздуха был выбран временной интервал продолжительностью 70 лет – с 1946 по 2016 год. В этот период зафиксирована относительная стабильность работающих станций наблюдения, количество которых колебалось от 394 до 513 (рис. 2). Данные этих станций в дальнейшем и были использованы для расчётов тенденции среднегодовой температуры воздуха по неоднородным и гомогенизированным данным.

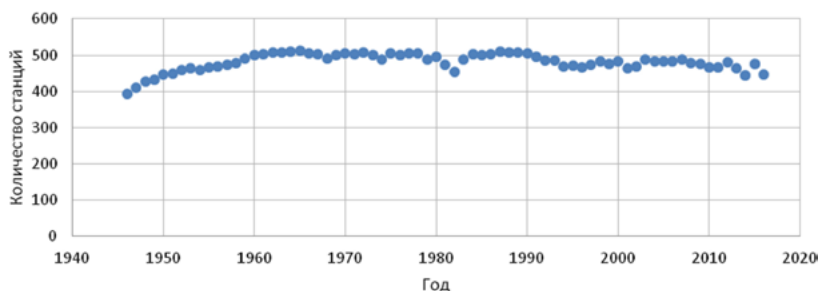


Рис. 2. Количество одновременно работающих станций, имеющих среднегодовые данные по температуре воздуха с 1947 по 2016 год

Выбор периода исследования также основывался на сравнении статистических данных карт коэффициента тренда ($Kt/100$ лет) (рис. 3), рассчитанных по неоднородным данным за весь период наблюдений, с данными карты, рассчитанной за период с 1946 по 2016 год (табл. 1).

Сравнение коэффициента тренда ($Kt/100$ лет) за два периода наблюдений показало, что $Kt/100$ лет за весь изучаемый период (1743–2018 гг.) занижен по сравнению с $Kt/100$ лет за период

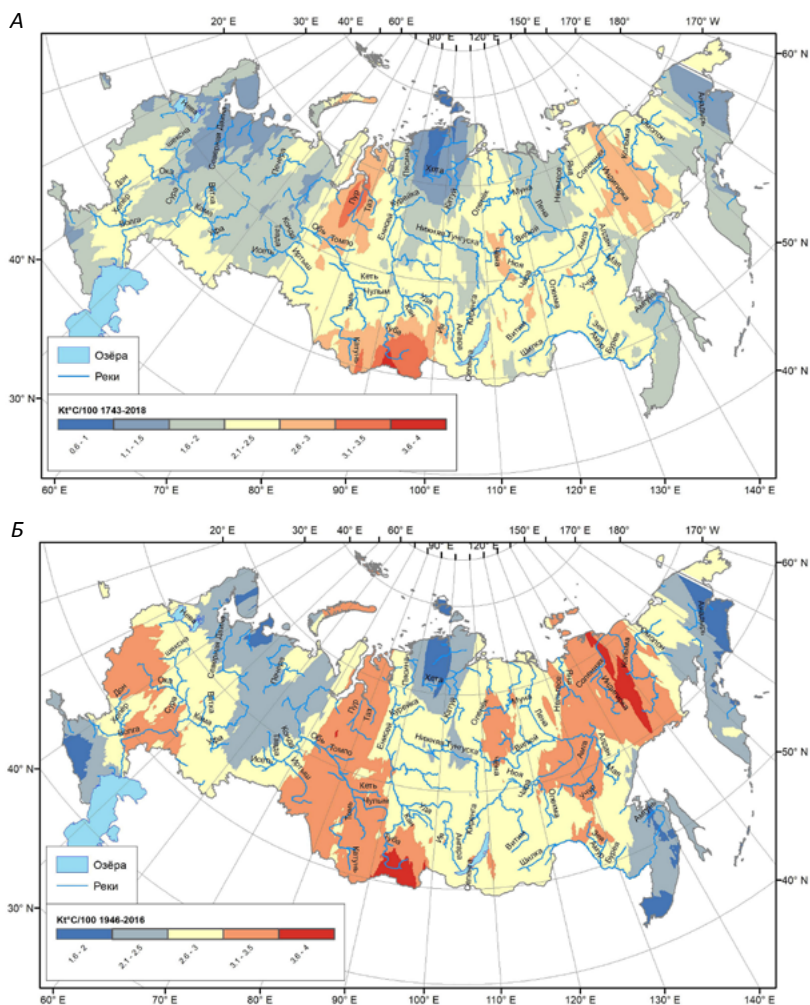


Рис. 3. Распределение коэффициента линейного тренда (K_t) среднегодовой температуры воздуха для неоднородных данных за периоды: А – с 1743 по 2018 год; Б – с 1946 по 2016 год

с 1946 по 2016 год. Интервал экстремальных значений коэффициента тренда (dK_{textr} 1743–2018) за весь период наблюдений также занижен. Необходимо отметить существенные различия в распределении K_t по всей территории (рис. 3). Вероятно, это

связано с малым количеством станций и их неравномерным распределением в период до XX века.

Таблица 1

Сравнение коэффициентов тренда (за 100 лет) среднегодовой температуры воздуха (неоднородные данные) (Kt), её экстремальных значений (Ktmax, Ktmin) и их интервала (dKextr) для территории России за разные временные интервалы

Параметр	Kt 1743–2018	Kt 1946–2016	dKt	dKextr 1743–2018	dKextr 1946–2016
Ktmin	0,61	1,59	-0,98	2,27	3,05
Ktmax	3,66	3,86	-0,19		
Kt	2,03	2,75	-0,72	–	–
Std dev.	0,43	0,41	0,02	–	–

Результаты

Дальнейшие исследования выполнялись по данным среднемесячной температуры воздуха за период с 1946 по 2016 год. Карты коэффициента линейного тренда температуры воздуха (Kt) были моделированы по данным двух вариантов гомогенизации – методом корреляции без эталонного ряда (Kth) и с использованием метода QM (Ktqm) (рис. 4).

Картирование Kt для двух вариантов гомогенизации показало, что распределение тенденции температуры воздуха на территории России неодинаково (рис. 4). Коррекция методом QM даёт более сглаженное распределение Ktqm по всей территории (рис. 4 Б).

Тенденция повышения температуры воздуха в приполярных и полярных регионах больше, чем в южной части страны. Выделяются изменения Ktqm по направлению с запада на восток. Особенно высокий тренд потепления (Ktqm +3...+4 °C/100 лет) прослеживается от северо-восточной части Европейской территории России (ЕТР), включая полуостров Ямал, до севера Восточной Сибири. На севере Ямала Ktqm может достигать +5 °C/100 лет. Второй район с повышенной тенденцией температуры воздуха (Ktqm +2...+3 °C/100 лет) расположен на Северо-Сибирской низменности между рекой Анабар и низовьями реки Лена. В междуречье Вилюй–Муна Ktqm может достигать +4 °C/100 лет.

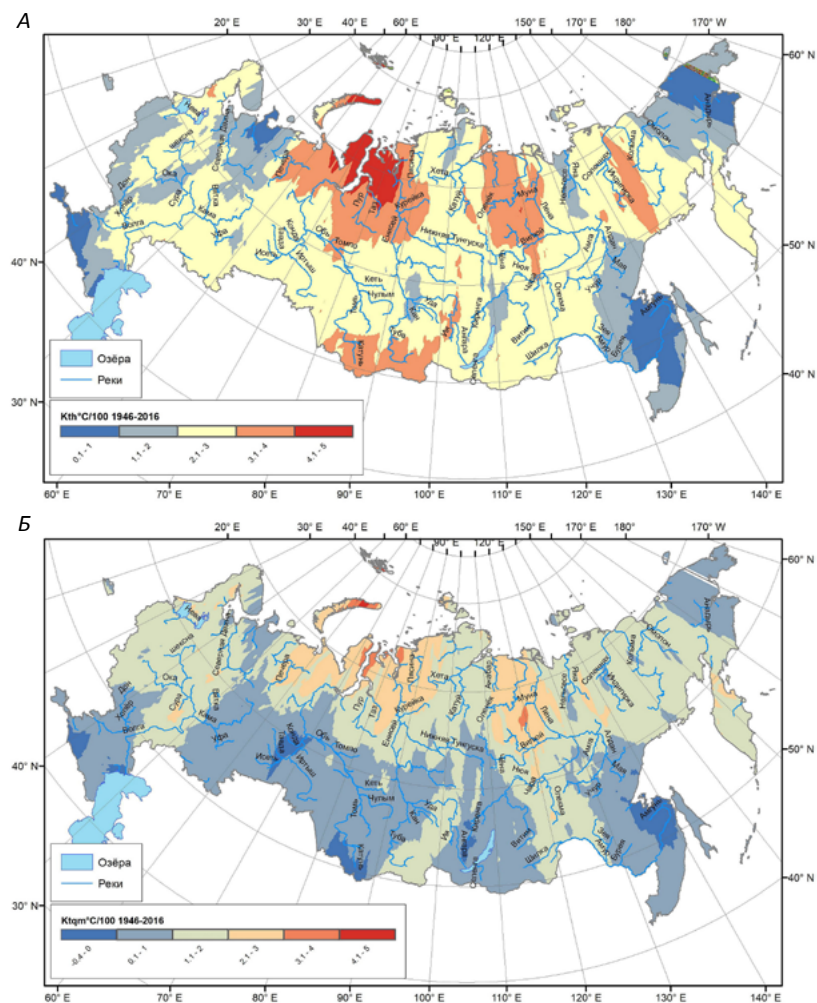


Рис. 4. Распределение коэффициента линейного тренда годовой температуры воздуха (K_t) за период с 1946 по 2016 год для двух вариантов гомогенизации: А – коррекция методом корреляции; Б – коррекция методом QM

Наименьший рост температуры отмечается на юге ЕТР, Кавказе, юге Сибири, Дальнем Востоке, Камчатке и Чукотке. На этих территориях K_{tqm} меняется от +0,1 до +1 °C/100 лет. В данных

регионах выделяются небольшие участки с похолоданием от 0 до $-0,4^{\circ}\text{C}/100$ лет. На остальной части страны отмечается потепление с $K_{tqm} = 1...2^{\circ}\text{C}/100$ лет.

Результаты анализа характеристик карт (рис. 4), представленные в табл. 2, показывают, что однородные данные повлияли на уменьшение среднего коэффициента тренда. Более сглаженные характеристики получены при использовании алгоритма коррективы QM.

В то же время интервал между экстремальными значениями коэффициента тренда увеличился примерно вдвое. Если для Kt интервал между максимальными и минимальными значениями составляет 2,27, то для Kth – 4,7, а для Ktqm – 4,57. Это говорит об увеличении отличий коэффициента тренда в различных территориальных зонах.

Таблица 2

Коэффициенты тренда среднегодовой температуры воздуха по территории России для неоднородных данных (Kt), однородных данных (Kth) и однородных данных с коррекцией QM (Ktqm), нормированных на 100 лет

Параметр	Kt	Kth	Ktqm
Min	1,59	0,14	-0,43
Max	3,86	4,87	4,14
Mean	2,75	2,43	1,23
Std dev.	0,41	0,77	0,72
Max-Min	2,27	4,73	4,57

На следующем этапе исследований была выявлена разница (ошибка) между коэффициентами тренда неоднородных данных и коэффициентами тренда для двух вариантов гомогенизации. Разность цифровых карт коэффициента тренда по исходным данным (Kt) и коэффициентами тренда по гомогенизированным данным (Kth и Ktqm) позволила получить карты ошибок коэффициента тенденции среднегодовой температуры воздуха (dKt) для двух моделей гомогенизации:

$$dKth = Kt - Kth \quad \text{и} \quad dKtqm = Kt - Ktqm.$$

Карты dKt (рис. 5) выявили ошибки коэффициента тренда неоднородных данных, которые меняются по территории от -1,6

до $+4^{\circ}\text{C}/100$ лет. Сравнение карт, полученных по двум моделям гомогенизации, показывает, что использование коррекции данных методом QM (рис. 5Б) лучше выявило ошибки в неоднородных

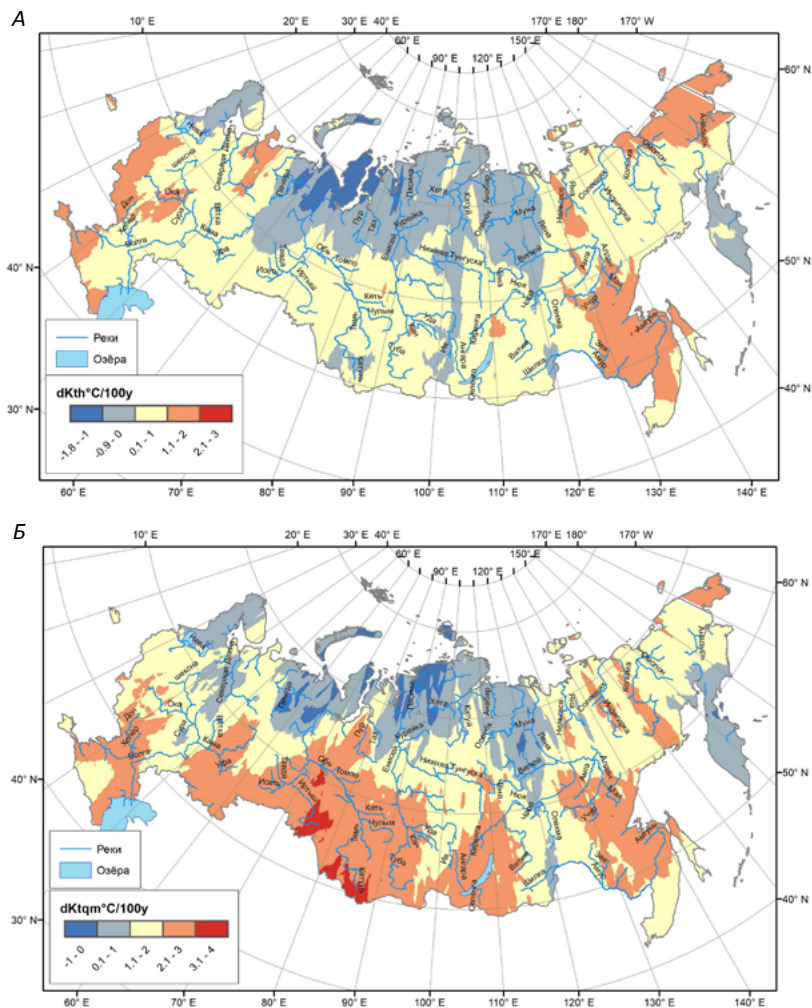


Рис. 5. Распределение ошибки коэффициента тренда неоднородных данных годовой температуры воздуха за период с 1946 по 2016 год для двух вариантов гомогенизации: А – однородные данные ($dKth$); Б – однородные данные с коррекцией QM ($dKtqm$)

данных. Поэтому распределение $Ktqm$ по территории носит более сглаженный характер (рис. 4Б), чем на карте Kth (рис. 4А).

В северных районах между бассейнами рек Печора и Лена ошибка $dKtqm$ колеблется от -1 до $+1$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет. В южной части ЕТР и Сибири коэффициент тренда по неоднородным данным завышен на $3-4$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет (рис. 5Б).

Статистическая информация цифровых карт ($dKth$ и $dKtqm$) показывает, что неоднородные данные завышают тенденцию температуры по сравнению с однородными данными, скорректированными по регрессионной модели в среднем на $0,32$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет, а при коррекции по модели QM даже на $1,52$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет (табл. 2).

Исследования на территории Финляндии также показали завышение температуры при использовании неоднородных данных [19]. Имеется значительная разница в результатах корректировки по используемым моделям ($ddKt$), что было также отмечено исследованиями в Канаде [16]. Диапазон экстремальных значений ошибки коэффициента тренда среднегодовой температуры увеличился при коррекции $dKth$ до $3,83$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет, а при коррекции $dKtqm$ – до $4,24$ $^{\circ}\text{C}/100$ лет.

Таблица 3

Ошибки коэффициента тренда неоднородных данных среднегодовой температуры воздуха (dKt) и её экстремальных значений в двух вариантах гомогенизации ($dKth$, $dKtqm$), нормированные на 100 лет; разница между ними ($ddKt$, $dKt_{extr-hgn}$, $dKt_{extr-hgn\&QM}$)

Параметр	$dKth$	$dKtqm$	$ddKt$	$dKth\text{-extr}$	$dKtqm\text{-extr}$
Min	-1,80	-0,96	-0,84	3,83	4,24
Max	2,02	3,27	-1,25		
Mean	0,32	1,52	-1,20	–	–
Std dev,	0,67	0,78	-0,11	–	–

Выводы

Неоднородности в данных могут менять и могут скрывать климатический сигнал в отдельных временных рядах. Исторические данные станций редко бывают полными и, следовательно, сами по себе не являются надёжной основой для исследования. Статистическая проверка однородности и корректировка являются

полезными инструментами для подготовки достоверных наборов данных, которые можно в дальнейшем использовать при оценке изменения климата.

В настоящей работе сделана попытка показать некоторые моменты влияния гомогенизации на такую оценку. Выявлено, что тенденция изменения температуры на исследуемой территории не была одинакова. Использование двух методов для корректировки неоднородных рядов данных показало разницу конечного результата при проведении оценки тенденции температуры воздуха. Оказалось, что при использовании неоднородных рядов, температурный тренд завышается примерно на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ (при коррекции по модели QM). Кроме того, диапазон экстремальных значений среднегодовой тенденции температуры воздуха для исследуемой территории увеличился на $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$.

Следовательно, использование неоднородных данных может привести к значительным ошибкам в оценках изменения температуры воздуха за длительный период. Этот факт необходимо учитывать при общей оценке климатических изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fei Ji, Zhaohua Wu, Jianping Huang, Eric P. Chassignet. Evolution of land surface air temperature trend // *Nature Climate Change*. 2014. V. 4. P. 462–466. doi:10.1038/nclimate2223.
2. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
3. Sutton R.T., Hawkins E. ESD Ideas: Global climate response scenarios for IPCC assessments // *University of Reading. Earth Syst. Dynamics*. 2020. V. 11. P. 751–754. <https://doi.org/10.5194/esd-11-751-2020>.
4. Along Zhang, Ruizhong Gao, Xixi Wang, Tingxi Liu, Lijing Fang. Historical Trends in Air Temperature, Precipitation, and Runoff of a Plateau Inland River Watershed in North China // *Water*. 2020. V. 12. P. 74. doi:10.3390/.
5. Назарова Л. Е. Многолетние изменения температуры воздуха в Карелии // *Институт водных проблем Севера КНЦ РАН. Петрозаводск*, 2008. 8 с. <https://10pogoda.ru/mnogoletnie-izmeneniya-temperatury-vozdukha-v-karelii>.
6. Стерин А. М., Тимофеев А. А. Об оценке трендов приземной температуры воздуха для территории России методом квантильной регрессии // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 6. С. 17–30.

7. Trewin B. C. Exposure, instrumentation and observing practice effects on land temperature measurements // WIREs Climate Change. 2010. V. 1, Is. 4. P. 490–506. doi:10.1002/wcc.46.
8. ВНИИГМИ-МЦД // <http://www.meteo.ru>.
9. Venema V. K. C., Mestre O., Aguilar E., Auer I., Guijarro J. A., Domonkos P., Vertacnik G., Szentimrey T., Stepanek P., Zahradnicek P., Viarre J., Muller-Westermeier G., Lakatos M., Williams C. N., Menne M. J., Lindau R., Rasol D., Rustemeier E., Kolokythas K., Marinova T., Andresen L., Acquaotta F., Fratianni S., Cheval S., Klancar M., Brunetti M., Gruber C., Prohom Duran M., Likso T., Esteban P., Brandsma T. Benchmarking homogenization algorithms for monthly data // Climate of the Past. 2012. V. 8. P. 89–115. doi:10.5194/cp-8-89-2012.
10. Commission for Climatology. Task Team on Homogenization // OPACE2, WMO Commission for Climatology. <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/TT-HOM-2-4.php>.
11. North G. R., Wang J., Genton M. G. Correlation for temperature fields // J. Clim. 2011. V. 24. P. 5850–5862. doi:10.1175/2011JCLI4199.1.
12. Финаев А. Ф., Разуваев В. Н. Гомогенизация климатических рядов на примере среднемесячной температуры воздуха // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 186. С. 57–68.
13. Wang X. L., Wen Q. H., Wu Y. Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series // J. Appl. Meteorol. Climat. 2007. V. 46, N 6. P. 916–931. doi:10.1175/JAM2504.1.
14. Финаев А. Ф., Разуваев В. Н. Оценка результатов гомогенизации температуры воздуха по данным станций России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 187. С. 158–169.
15. Begert M., Schlegel T., Kirchhofer W. Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000 // Int. J. Climat. 2005. V. 25. P. 65–80. <https://doi.org/10.1002/joc.1118>.
16. Vincent L. A., Wang X. L., Milewska E. J., Wan H., Yang F., Swail V. A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis // J. Geophys. Res. 2012. V. 117. D18110. doi:10.1029/2012JD017859.
17. Trewin B. C. A daily homogenized temperature data set for Australia // Int. J. Climat. 2013. V. 33, N 6. P. 1510–1529. <https://doi.org/10.1002/joc.3530>.
18. ESRI ArcMap. Как работает инструмент Кригинг (Kriging) // <http://www.desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>.
19. Tuomenvirta H. Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series – Finnish and Nordic data // Int. J. Climat. 2001. V. 21. P. 495–506. doi:10.1002/joc.616.

УДК 551.501.774 (470+571)

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГОЛОЛЁДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Н. М. Аржанова¹, Н. Н. Коршунова²

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ arzhanova.n@inbox.ru, ² nnk@meteo.ru

Введение

Происходящие изменения климата отражаются на различных параметрах климатической системы, таких как температура воздуха, осадки, ветер, солнечное сияние и, конечно же, на гололёдно-изморозевых отложениях (ГИО). Важность изучения этих явлений отмечалась уже в предыдущих исследованиях [1–4], поскольку ГИО при определённых размерах относятся к неблагоприятным и даже опасным явлениям погоды и оказывают отрицательное влияние на человеческую деятельность. Во ВНИИГМИ-МЦД проводятся исследования по изучению климатологии и тенденций изменений характеристик ГИО с использованием данных специализированного массива «Характеристики гололёдно-изморозевых явлений на территории России» [5]. На основе данных этих исследований был опубликован ряд работ [6–8]. Настоящая работа является очередным этапом в разработке методики включения ГИО в систему мониторинга климата по территории России.

Данные и методы

В работе расчёты основных характеристик ГИО осуществляются для холодного периода (с октября прошедшего года по апрель текущего). Октябрь и апрель включены в холодный период, поскольку в эти месяцы температура воздуха колеблется между положительной и отрицательной, создаются благоприятные температурно-влажностные условия, при которых ГИО могут достигать опасных значений.

Исследование характеристик ГИО проведено по данным за период с 1984 года, поскольку инструментальные наблюдения за отложениями доступны на технических носителях с этого года. Нормы (среднегодовые значения) характеристик ГИО рассчитаны за 30-летний период 1984–2013 гг. В расчётах использованы данные 1338 метеорологических станций, в число которых входит 401 станция специализированного массива.

Для каждого года за холодный период рассматривались следующие характеристики ГИО (в зависимости от вида): суммарное число случаев, суммарная продолжительность и средний вес. Анализ изменений характеристик гололёдно-изморозевых отложений проводился по данным на метеостанциях и по рядам средних для 18 квазиоднородных климатических регионов характеристик (рис. 1). Осреднение по регионам производилось поэтапно:

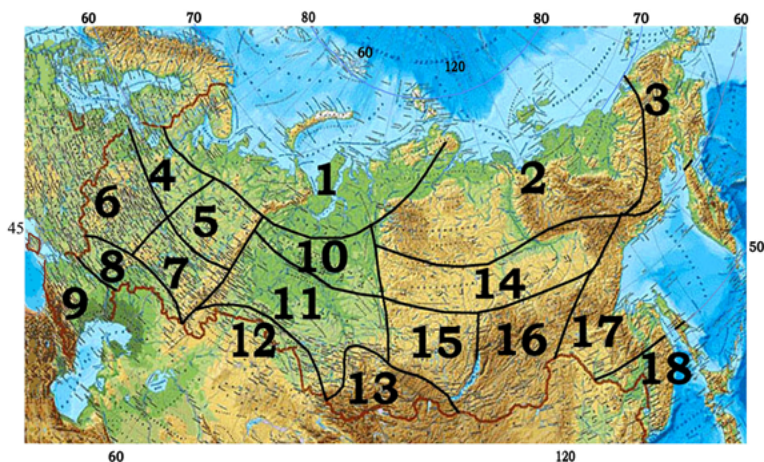


Рис. 1. Квазиоднородные климатические регионы (по Алисову): 1, 2, и 3 – атлантическая, сибирская и тихоокеанская Арктика соответственно; 4, 5, 6, 7, и 8 – северо-запад (СЗ), северо-восток (СВ), юго-запад (ЮЗ), юго-восток (ЮВ) и степная часть Восточно-Европейской равнины соответственно; 9 – степи и предгорье Северного Кавказа; 10 и 11 – север и юг лесной зоны Западной Сибири, 12 – степная зона Западной Сибири, 13 – Алтай и Саяны; 14, 15, и 16 – Восточная Сибирь: центральная часть, бассейн Ангары и Забайкалье соответственно, 17 и 18 – Дальний Восток между 50° N и 60° N и южнее 50° N соответственно.

сначала аномалии, рассчитанные на станциях, арифметически осреднялись по ячейкам регулярной сетки $1^{\circ} \text{N} \times 2^{\circ} \text{E}$, а затем с весовыми коэффициентами в зависимости от широты ячейки проводилось осреднение. Осреднение по регионам позволяет получить обобщённые характеристики, избавиться от случайных выбросов. Многолетние изменения характеристик ГИО оценивались коэффициентами линейного тренда. Тренд рассчитывался методом наименьших квадратов. Значимость оценивалась с помощью критерия Стьюдента. Следует отметить, что в 14 регионе (центральная часть Восточной Сибири) для осреднения имеются только три станции с гололёдным станком, данные которых берутся в расчёт.

Тенденции современных изменений характеристик гололёдно-изморозевых отложений на территории России

А. Суммарное число случаев ГИО

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда суммарного за холодный период числа случаев **гололёда** приведено на рис. 2а. В Приволжском, на юго-востоке Центрального федерального округа (ФО), в Краснодарском крае, Калмыкии, Астраханской и Мурманской областях, на юге Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) выявлена тенденция увеличения числа случаев с гололёдом (1,2–1,6 случаев за 10 лет). На многих метеостанциях этот тренд статистически значим на 5 %-ном уровне. При региональном осреднении (табл. 1) на северо-востоке Восточно-Европейской равнины получен значимый положительный тренд, равный 0,8 случаев за 10 лет, в северной части лесной зоны Западной Сибири тренд составил 0,4 случая/10 лет.

По данным на метеостанциях получены ярко выраженные значимые как отрицательные, так и положительные значения коэффициентов линейного тренда числа случаев **кристаллической изморози** (рис. 2б). Наибольшие коэффициенты линейного тренда получены в центральных районах Красноярского края, Амурской и Магаданской областях, на востоке Якутии. Максимальное уменьшение числа случаев с кристаллической изморозью

отмечается в северных районах европейской части России (ЕЧР) и Западной Сибири, что может быть связано с увеличением числа дней с аномально высокими температурами воздуха, особенно в переходные сезоны [9]. В квазиоднородных районах 1, 4 и 6 были получены статистически значимые на 5 %-ном уровне отрицательные тренды, а в районах 14, 17 и 18 – положительные (табл. 1, номер района в таблице соответствует номеру на рис. 1).

Тенденция увеличения числа случаев **зернистой изморози** отмечены на востоке ЕЧР, в Западной Сибири, Амурской области и центральных районах Чукотки (рис. 2в). При оценке региональных изменений получен статистически значимый положительный тренд образования зернистой изморози в тихоокеанской Арктике (район 3), на северо-востоке Восточно-Европейской равнины (район 5) и севере лесной зоны Западной Сибири (район 10). На юге ЕЧР преобладает уменьшение числа случаев с зернистой изморозью.

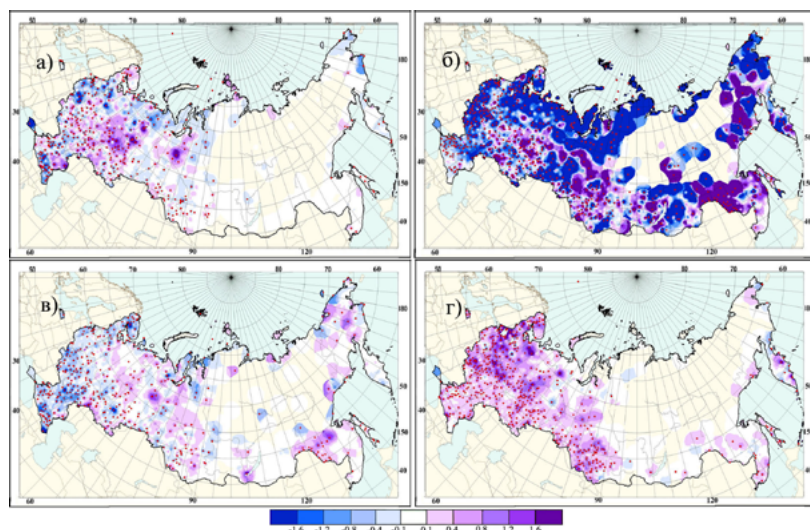


Рис. 2. Коэффициенты линейного тренда (случаи/10 лет) суммарного за холодный период числа случаев: а) гололёда, б) кристаллической изморози, в) зернистой изморози, г) отложения мокрого снега. Кругами красного цвета показаны станции, для которых тренд статистически значим на 5 %-ном уровне.

Таблица 1

Оценки линейного тренда аномалий числа случаев ГИО, 1984–2019 гг.

Регионы	№	Гололёд		Кристал. изморозь		Зернист. изморозь		Отлож. мокр. снега	
		b	d	b	d	b	d	b	d
Атлантическая Арктика	1	0,1	2	-1,0	12	0,1	3	0,6	66
Сибирская Арктика	2	-0,0	2	0,7	2	0,2	10	0,0	0
Тихоокеанская Арктика	3	0,1	2	-1,2	4	0,5	27	0,0	0
СЗ Вост.-Европ. равнины	4	0,1	1	-1,1	11	0,0	1	1,3	78
СВ Вост.-Европ. равнины	5	0,8	22	0,4	1	0,2	23	0,7	60
ЮЗ Вост.-Европ. равнины	6	0,2	1	-1,3	22	-0,2	10	0,7	54
ЮВ Вост.-Европ. равнины	7	0,5	10	0,4	2	-0,2	7	0,5	60
Степная часть Вост.-Европ. равнины	8	0,1	0	-0,9	10	-0,3	4	0,2	22
Степи и предгорье Сев. Кавказа	9	0,0	0	-0,5	8	-0,3	8	0,3	30
Север лесной зоны Зап.Сибири	10	0,4	23	-1,0	6	0,4	28	0,1	14
Юг лесной зоны Зап.Сибири	11	-0,0	0	0,4	1	0,1	6	0,2	25
Степная зона Зап. Сибири	12	0,1	2	0,2	0	-0,0	0	0,4	50
Алтай и Саяны	13	0,0	4	0,2	1	0,1	7	0,4	34
Центр. часть Вост. Сибири	14	0,0	4	4,7	53	-0,1	5	0,1	5
Бассейн Ангары	15	0,0	1	0,4	1	0,0	0	0,0	0
Забайкалье	16	-0,0	0	0,4	1	0,0	0	0,0	0
Дальний Восток между 50° N и 60° N	17	-0,0	1	3,4	47	0,1	3	0,2	10
Дальний Восток южнее 50° N	18	0,0	1	1,6	42	0,0	0	0,4	19
РФ		0,1	6	0,1	0	0	0	0,4	63

Примечание. b – коэффициент линейного тренда (случаи/10 лет), d – вклад тренда в общую дисперсию ряда (%). Тренд, статистически значимый на 5 %-ном уровне, выделен жирным шрифтом.

Положительный тренд числа случаев отложения **мокрого снега** выявлен для большей части территории России (рис. 2г). Максимальное увеличение отмечается в северо-западных и центральных областях ЕЧР, где на фоне увеличения числа дней с экстремально высокими температурами воздуха увеличивается число дней с сильными снегопадами [9]. Наибольший тренд числа случаев отложения мокрого снега выявлен на северо-западе Восточно-Европейской равнины (1,3 сл./10 лет), где вклад тренда в дисперсию ряда составляет 78 %. Статистически значимые

положительные коэффициенты линейного тренда получены в 12 регионах (табл. 1).

В целом по территории России статистически значимых тенденций числа случаев ГИО получено не было.

Б. Суммарная продолжительность ГИО

На рис. 3 представлено пространственное распределение коэффициентов линейного тренда в рядах суммарной за холодный период продолжительности ГИО.

Тенденция увеличения продолжительности **гололёда** (рис. 3а) обнаружена в центральных районах ЕЧР и ЯНАО. При региональном осреднении рост продолжительности гололёда (значимый на 5 %-ном уровне) получен на юго-востоке Восточно-Европейской равнины ($b = 2,8$ ч/10 лет, $d = 12$ %) и севере лесной зоны Западной Сибири ($b = 3,6$ ч/10 лет, $d = 24$ %).

На большей части ЕЧР наблюдается уменьшение продолжительности **кристаллической изморози**, особенно значительное на

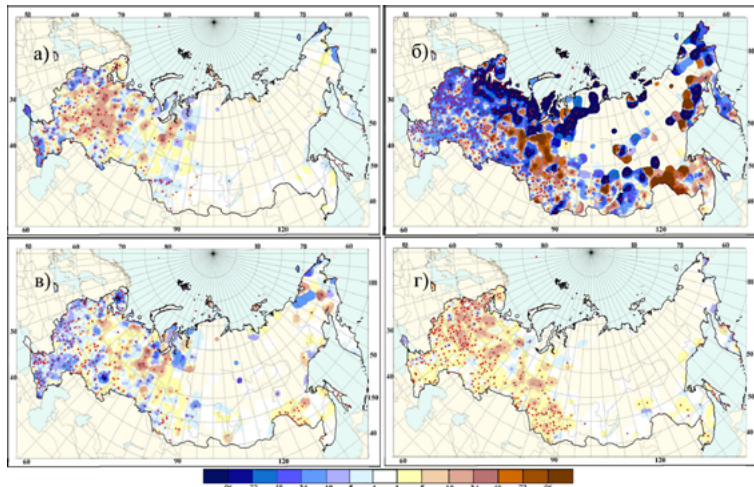


Рис. 3. Коэффициенты линейного тренда (часы/10 лет) суммарной за холодный период продолжительности: а) гололёда, б) кристаллической изморози, в) зернистой изморози, г) отложения мокрого снега. Кругами красного цвета показаны станции, для которых тренд статистически значим на 5 %-ном уровне.

арктическом побережье, на северо-западе Красноярского края и на востоке Чукотки (более 96 часов). При оценке региональных изменений (табл. 2) статистически значимые отрицательные тренды получены на юго-западе и в степной части Восточно-Европейской равнины (районы 6 и 8). Рост продолжительности кристаллической изморози наблюдается в центральных и восточных районах Западной Сибири и Амурской области. Статистически значимые положительные тренды отмечаются на юго-востоке Восточно-Европейской равнины (район 7), Дальнем Востоке (районы 17 и 18) и в бассейне Ангары (район 15).

Таблица 2

Оценки линейного тренда продолжительности ГИО, 1984–2019 гг.

Регионы	№	Гололёд		Кристал. изморозь		Зернист. изморозь		Отлож. мокр. снега	
		b	d	b	d	b	d	b	d
Атлантическая Арктика	1	0,1	0	-1,2	8	0,2	0	3,0	72
Сибирская Арктика	2	-0,5	1	2,8	8	3,0	23	-0,0	0
Тихоокеанская Арктика	3	1,4	4	0,7	0	3,8	18	0,2	2
СЗ Вост.-Европ. равнины	4	-0,9	1	-0,7	2	0,6	2	7,7	74
СВ Вост.-Европ. равнины	5	2,5	10	1,9	9	2,0	17	4,8	56
ЮЗ Вост.-Европ. равнины	6	1,0	2	-2,7	19	-1,6	6	4,3	44
ЮВ Вост.-Европ. равнины	7	2,8	12	2,2	11	0,5	1	3,0	47
Степная часть Вост.-Европ. равнины	8	0,8	2	-3,2	26	-0,6	1	2,1	42
Степи и предгорье Сев. Кавказа	9	-0,7	1	-2,3	7	-1,4	4	1,9	27
Север лесной зоны Зап.Сибири	10	3,6	24	2,5	6	3,3	21	1,7	14
Юг лесной зоны Зап.Сибири	11	-0,2	0	2,5	10	0,8	1	3,2	58
Степная зона Зап. Сибири	12	-0,4	0	0,8	1	0,1	0	2,6	36
Алтай и Саяны	13	0,1	0	1,2	2	0,4	2	2,9	52
Центр. часть Вост. Сибири	14	0,4	7	4,5	7	-3,0	17	0,3	2
Бассейн Ангары	15	-0,0	0	3,2	11	0,2	3	0,2	1
Забайкалье	16	0,0	0	2,0	3	-0,2	2	-0,1	0
Дальний Восток между 50° N и 60° N	17	-0,5	5	4,5	23	0,2	0	1,8	12
Дальний Восток южнее 50° N	18	0,6	3	4,6	42	0,3	1	3,1	20
РФ		0,5	2	0,6	1	0,2	0	3,1	76

Примечание. b – коэффициент линейного тренда (час/10 лет), d – вклад тренда в общую дисперсию ряда (%). Тренд, статистически значимый на 5 %-ном уровне, выделен жирным шрифтом.

Тенденция уменьшения продолжительности **зернистой изморози** отмечается на западе и юге ЕЧР, в северных районах ЯНАО и отдельных районах Чукотского АО (рис. 3в). Рост продолжительности зернистой изморози наблюдается в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО), на юго-западе Архангельской области и севере Камчатского края. Статистически значимые положительные тренды получены в четырёх регионах (табл. 2), а отрицательный – в центральной части Восточной Сибири (район 14).

Увеличение продолжительности отложения **мокрого снега** выявлено на большей части ЕЧР и Западной Сибири. Во многих регионах (табл. 2) отмечается рост продолжительности отложения мокрого снега, наибольший коэффициент линейного тренда получен на северо-западе Восточно-Европейской равнины (район 4) и составляет 7,7 ч/10 лет, вклад тренда в дисперсию ряда – 74 %. В целом для территории России выявлен статистически значимый положительный тренд продолжительности отложения мокрого снега ($b = 3,1$ ч/10 лет, $d = 76$ %).

В. Средний вес ГИО

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда среднего за холодный период веса гололёда представлено на рис. 4а.

Тенденция уменьшения веса **гололёда** выявлена в Южном ФО, включая Крым, на юго-западе Центрального, юге Приволжского ФО и на северо-востоке Ненецкого АО (0,8–1,6 г/см/10 лет). Рост веса гололёда отмечается на северо-западе Приволжского и северо-востоке Центрального ФО (0,4–1,2 г/см/10 лет). При региональном осреднении значимый отрицательный коэффициент линейного тренда веса гололёда получен на юго-востоке Восточно-Европейской равнины (7 регион).

Вес **кристаллической изморози** (рис. 4б) уменьшается на большей части территории России. Очаг максимальных отрицательных коэффициентов линейного тренда сформировался на арктическом побережье ЕЧР и в Западной Сибири (1,6 г/см/10 лет и более). Значительное уменьшение веса кристаллической изморози наблюдается также на Чукотке и севере Камчатки. При

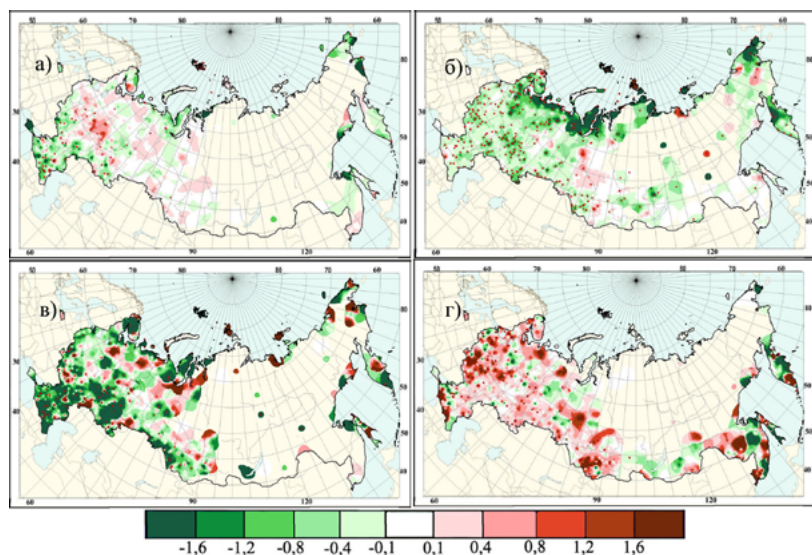


Рис. 4. Коэффициенты линейного тренда (г/см/10 лет) среднего за холодный период веса: а) гололёда, б) кристаллической изморози, в) зернистой изморози, г) отложения мокрого снега. Кругами красного цвета показаны станции, для которых тренд статистически значим на 5 %-ном уровне.

оценке региональных изменений (табл. 3) значимые отрицательные тренды отмечаются в семи районах (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9).

Тенденции уменьшения веса **зернистой изморози** преобладают на большей части ЕЧР, арктическом побережье и юге Западной Сибири, в Камчатском крае (рис. 4в). Статистически значимый отрицательный тренд веса зернистой изморози получен только в центральной части Восточной Сибири (район 14). Рост веса зернистой изморози выявлен в ЯНАО, в отдельных районах Архангельской области, Чукотского АО, Камчатского края и на юго-востоке Западной Сибири.

Значительный рост веса отложения **мокрого снега** (рис. 4г) выявлен на многих метеостанциях ЕЧР, Западной Сибири и дальневосточного юга (1,2–1,6 г/см/10 лет). Однако в нижнем течении Амура, на юге Сахалина и большей части Камчатского края вес мокрого снега уменьшается. При региональном осреднении

выявлены положительные тенденции веса отложения мокрого снега в атлантической Арктике, на северо-западе, северо-востоке и юго-западе Восточно-Европейской равнины (районы 1, 4, 5, 6), а также в районе 13 – Алтай и Саяны (табл. 3).

Таблица 3

Оценки линейного тренда веса ГИО, 1984–2019 гг.

Регионы	№	Гололёд		Кристал. изморозь		Зернист. изморозь		Отлож. мокр. снега	
		b	d	b	d	b	d	b	d
Атлантическая Арктика	1	0,0	0	-0,3	21	0,0	8	0,1	12
Сибирская Арктика	2	-0,2	10	-0,3	15	0,0	1	0,0	1
Тихоокеанская Арктика	3	0,0	1	-0,1	2	0,2	5	0,1	5
СЗ Вост.-Европ. равнины	4	0,0	0	-0,3	30	-0,0	1	0,3	25
СВ Вост.-Европ. равнины	5	-0,0	1	-0,1	5	0,0	0	0,1	21
ЮЗ Вост.-Европ. равнины	6	0,1	2	-0,2	14	-0,1	8	0,3	37
ЮВ Вост.-Европ. равнины	7	0,2	16	-0,2	14	-0,0	2	0,1	7
Степная часть Вост.-Европ. равнины	8	0,0	0	-0,3	22	0,1	1	0,1	5
Степи и предгорье Сев. Кавказа	9	-0,0	0	-0,1	13	-0,1	2	0,1	8
Север лесной зоны Зап.Сибири	10	-0,0	0	-0,1	1	0,0	5	0,1	9
Юг лесной зоны Зап.Сибири	11	0,0	0	-0,1	2	0,0	0	0,1	7
Степная зона Зап. Сибири	12	0,0	0	-0,2	7	-0,1	2	0,0	3
Алтай и Саяны	13	-0,0	0	-0,1	1	-0,1	6	0,3	27
Центр. часть Вост. Сибири	14	0,0	0	0,2	3	-0,8	26	0,1	1
Бассейн Ангары	15	0,0	0	-0,1	1	-0,1	4	0,2	3
Забайкалье	16	-0,0	0	-0,1	10	-0,1	6	-0,1	2
Дальний Восток между 50°N и 60°N	17	0,0	0	-0,1	8	-0,1	3	0,1	5
Дальний Восток южнее 50°N	18	0,1	2	-0,0	0	0,0	1	0,1	3
РФ		0,0	8	0,0	0	0,0	8	0,1	8

Примечание. b – коэффициент линейного тренда (г/см/10 лет), d – вклад тренда в общую дисперсию ряда (%). Тренд, статистически значимый на 5 %-ном уровне, выделен жирным шрифтом.

Заключение

На основе данных метеорологических станций наблюдательной сети Росгидромета проведена оценка изменений характеристик каждого вида ГИО на всей территории России, и выявлены их региональные особенности. Увеличение числа случаев,

продолжительности и веса гололёда обнаружено на юго-востоке ЕЧР и ЯНАО. На северо-востоке Восточно-Европейской равнины и севере лесной зоны Западной Сибири получены статистически значимые положительные тренды числа случаев и продолжительности гололёда. На арктическом побережье ЕЧР и Западной Сибири выявлена тенденция уменьшения числа случаев, продолжительности и веса кристаллической изморози. Рост числа случаев и продолжительности кристаллической изморози отмечается в ЯНАО и Амурской области, а вес растёт только в ЯНАО.

Уменьшение числа случаев, продолжительности и веса зернистой изморози получено на юге ЕЧР. Рост числа случаев и продолжительности зернистой изморози отмечается на востоке ЕЧР, в Западной Сибири, Амурской области и отдельных районах Чукотки. Положительный тренд веса получен в ЯНАО, в отдельных районах Архангельской области, Чукотского АО, Камчатского края и на юго-востоке Западной Сибири.

Тенденция увеличения числа случаев, продолжительности и веса отложения мокрого снега обнаружена на большей части России. Статистически значимые положительные тренды этих характеристик получены во многих регионах. В среднем по территории России наблюдается статистически значимый положительный тренд продолжительности отложения мокрого снега.

Авторы выражают благодарность Л. К. Клещенко за помощь в разработке программ для расчёта основных характеристик ГИО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заварина М. В., Глухов В. Г. О приведении данных гололёдного станка к рабочим уровням линий электропередачи // Труды ГГО. 1974. Вып. 333. С. 68–71.
2. Глухов В. Г. К оценке гололёдных нагрузок на высотные сооружения по данным аэрологических наблюдений // Труды ГГО. 1971. Вып. 283. С. 3–11.
3. Луговой В. А., Тимашова Л. В., Черешнюк С. В. Учёт климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи. Энергия единой сети, № 3, 2014. С. 30–40.

4. *Климат России* / Под ред. Н. В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеиздат. 2001. 655 с.
5. Аржанова Н. М., Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н. Специализированный массив данных гололёдно-изморозевых явлений для мониторинга климата и климатических исследований // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 101–110.
6. Bulygina O. N., Arzhanova N. M., Groisman P. Ya. Icing conditions over Northern Eurasia in changing climate. Environ. Res. Lett. 2015. 10 025003 doi:10.1088/1748-9326/10/2/025003.
7. Аржанова Н. М., Коршунова Н. Н. Характеристики гололёдно-изморозевых явлений на территории России в условиях современных изменений климата // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 184. С. 33–44.
8. Аржанова Н. М., Коршунова Н. Н. Мониторинг характеристик гололёдно-изморозевых отложений на территории России в холодный сезон 2017/18 г. // Труды ГГО. 2020. Вып. 597. С. 94–103.
9. Коршунова Н. Н., Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Давлетшин С. Г. Оценки экстремальности температурного режима и режима осадков на территории России и её регионов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 20–30.

УДК 630.43

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Б. Г. Шерстюков

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

Введение

В последние десятилетия прошедшего XX века вместе с глобальным потеплением возрастало количество лесных пожаров и возрастали негативные последствия от них. Устойчивая связь усиления лесных пожаров с потеплением климата в XX веке стала автоматически пролонгироваться и на XXI век без должного анализа. Возросшее количество сообщений в прессе об ущербах от лесных пожаров субъективно создало впечатление об увеличении количества лесных пожаров и их связи с усилением потепления климата. Вопреки продолжающемуся потеплению климата России, количество зафиксированных лесных пожаров на территории России несколько уменьшилось за последние два десятилетия [1]. В связи с этим возникла необходимость более детального рассмотрения изменений метеорологических условий в разных регионах России и связанных с ними изменений пожарной опасности в лесах.

Исходные данные

В работе использовались суточные и месячные данные наблюдений на 1520 метеорологических станциях из фондов ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» за 2001–2019 гг. Данные исходных архивов метеорологических наблюдений прошли дополнительный авторский статистический контроль с целью выявления и исключения ошибок в данных первичного архива.

Из официальных сводок Росстата [1] взяты данные о количестве лесных пожаров и лесной площади, пройденной огнём, по субъектам Федерации России (СФ) за 2009–2019 гг. и такие же

данные, обобщённые по всей России за 1985–2019 гг. Данные о лесных пожарах приводятся в [1] обобщённо по территории СФ, но относятся только к лесной территории, при этом площади самих СФ и лесная площадь могут сильно разниться для разных СФ. Для сравнимости данных о лесных пожарах в разных регионах России вычислялось относительное количество лесных пожаров (n) в СФ на 1000 км² лесной площади. По данным о количестве пожаров (N) в СФ, привлекая данные о лесистости СФ (L), выраженные в процентах от площади СФ, и данные о всей площади СФ (S), вычислялась площадь, занятая лесом (s) в СФ:

$$s = S \cdot L / 100.$$

Затем вычислялось относительное количество лесных пожаров (n) в СФ на 1000 км² лесной площади:

$$n = 1000 \cdot N / s.$$

Относительные количества лесных пожаров с учётом лесной площади СФ можно сравнивать между разными СФ по всей территории России. Сведения о лесистости СФ взяты из [1]. Лесистость – это доля территории СФ, покрытая лесной растительностью, от общей площади СФ, выражаемая в процентах (рис. 1).

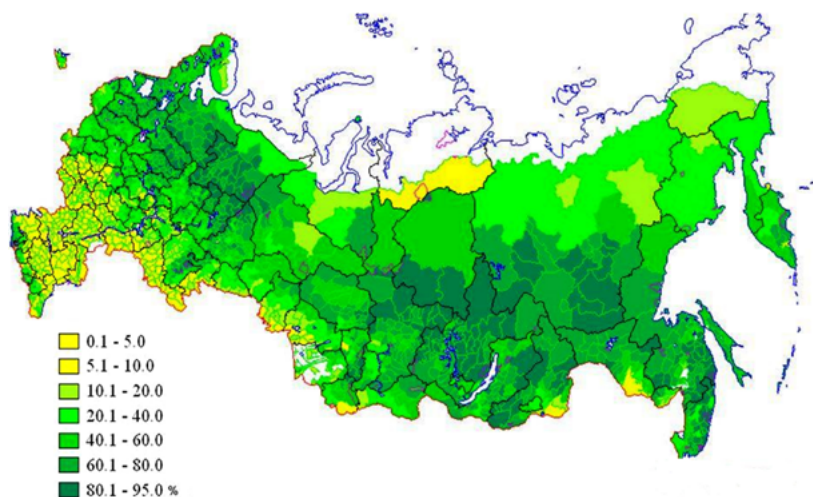


Рис. 1. Лесистость регионов России (%)
(http://images.myshared.ru/6/654600/slide_14.jpg)

Потенциальная горимость леса оценивалась индексом В. Г. Нестерова [2], который вычислялся по суточным и месячным данным о температуре воздуха, точке росы и количестве атмосферных осадков по станциям России.

В дополнение к индексу Нестерова было проведено испытание применимости индекса засушливости Д. А. Педея P_i [3] в качестве метеорологического показателя потенциальной горимости леса:

$$P_i = \frac{\Delta T_i}{\sigma T} - \frac{\Delta R_i}{\sigma R},$$

где ΔT и ΔR – аномалии месячных значений температуры и количества осадков соответственно, а σT и σR – среднеквадратические отклонения температуры и количества осадков.

Этот индекс вычислялся по данным метеорологических станций о температуре и осадках. Ряды индекса засушливости по станциям каждого СФ сравнивались с рядом фактических данных о количестве пожаров в соответствующем субъекте Федерации. Связь индекса с фактическими пожарами оценивалась коэффициентом корреляции. При сравнении метеорологических показателей с количеством лесных пожаров в СФ из всех метеорологических станций СФ отбирались только те станции, которые находятся в лесной части этого СФ.

Основные результаты

Основными необходимыми условиями возгорания леса являются продолжительная сухая погода и наличие источника огня. Чаще всего причиной начала пожара в лесах является деятельность человека. Более половины всех случаев возгорания происходит по вине человека. Этот фактор присутствует всегда и с годами только усиливается вместе с урбанизацией. В безлюдных местах возгорание леса происходит от грозových разрядов или по другим неустановленным причинам. Однако всегда лимитирующим или способствующим фактором возгорания леса являются метеорологические условия, которые являются основным переменным фактором в проблеме лесных пожаров.

По данным Росстата [1] на основе фактических данных наблюдений за лесными пожарами на рис. 2 показаны многолетние

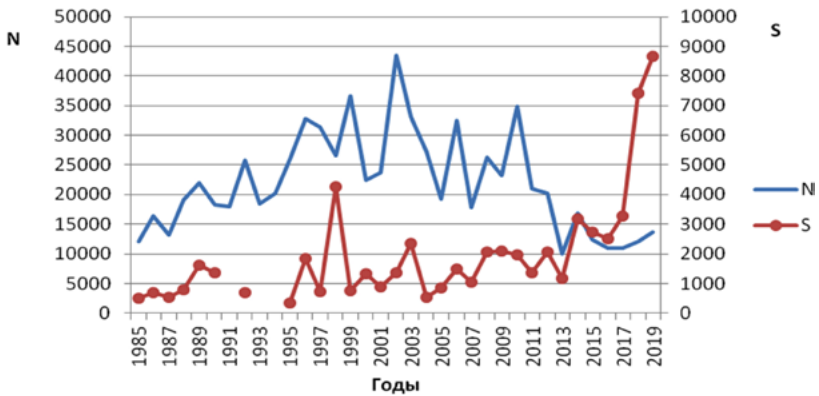


Рис. 2. Число лесных пожаров (N) и площадь (S) лесных земель (тыс. га), пройденная пожарами

изменения общего годового количества лесных пожаров на территории России и размера площади (тыс. га) лесных земель России, по которым прошли пожары за время с 1985 по 2019 год.

Тенденции изменений графиков на рис. 2 показывают, что в конце XX века возрастало число лесных пожаров и площадь, пройденная пожарами, но с начала XXI века и по настоящее время количество лесных пожаров уменьшалось и в последние годы опустилось до уровня ниже 1985 года. Площадь лесных земель, по которым проходили пожары, оставалась сравнительно небольшой и стабильной с 1999 по 2013 год – около 1–2 млн га, а далее наметился быстрый рост площади лесных пожаров. В последние 2–3 года при меньшем количестве лесных пожаров их площадь оказалась в 4–5 раз больше, чем в годы стабилизации. Это означает, что в последние годы возросло количество крупных лесных пожаров. Ущерб от лесных пожаров в России в одном только 2018 году составил более 19 млрд руб. [1].

Усилению лесных пожаров способствует продолжительная жаркая сухая погода, поэтому далее проводился анализ изменения температуры и количества осадков по станциям России в центральный месяц лета. На рис. 3 и 4 показаны карты распределения значений трендов температуры и количества осадков в июле по данным за 2001–2019 гг.

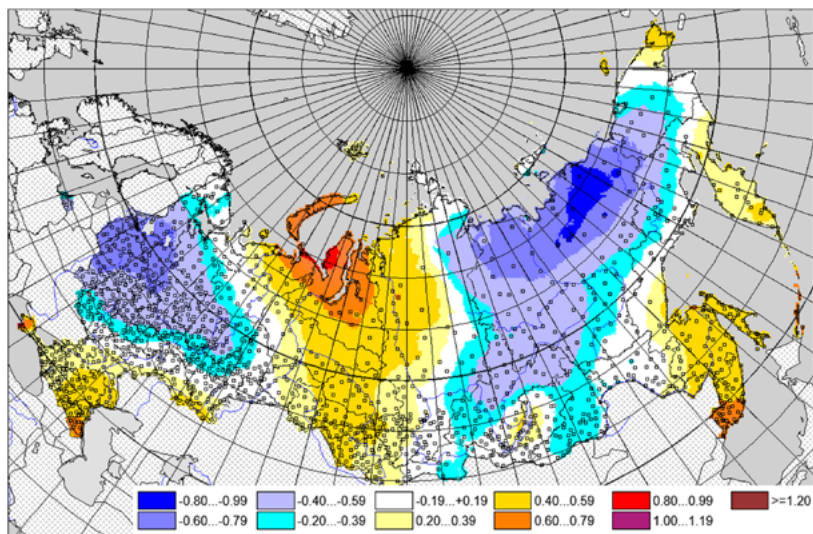


Рис. 3. Изменение температуры ($^{\circ}/10$ лет) за 2001–2019 гг. в июле

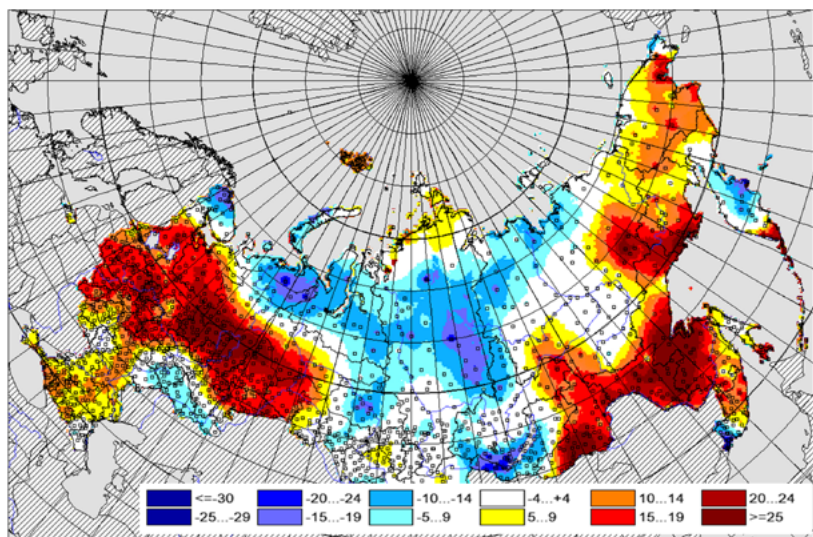


Рис. 4. Изменение количества осадков (мм/10 лет) за 2001–2019 гг. в июле

Уменьшение количества лесных пожаров в последние два десятилетия, показанные на рис. 2, согласуется с наметившимися новыми тенденциями изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков летом во многих районах России за последние два десятилетия (рис. 3 и 4). Температура воздуха в центральный месяц лета понижалась почти на всей лесной части Европейской территории России (ЕТР) и над большей частью Восточной Сибири и Дальнего Востока. Понижение температуры в этих районах ослабляло потенциальную горимость леса.

Повышение температуры произошло преимущественно в высоких широтах Западной Сибири в безлесной зоне, поэтому не могло повлиять на лесные пожары.

Количество атмосферных осадков в июле увеличилось в ЕТР, в южной половине Западной Сибири и на Дальнем Востоке. В этих районах осадки ослабляли опасность лесных пожаров. По площади упомянутые районы вместе составляют около половины площади всей России. В последние два десятилетия на огромной части территории России метеорологические условия стали менее благоприятными для возгорания леса как по температуре, так и по атмосферным осадкам, поэтому количество лесных пожаров уменьшилось вполне закономерно. Одновременно совершенствовались методы тушения лесных пожаров, это тоже могло внести свой вклад в уменьшение общего количества лесных пожаров в России в последние десятилетия.

Степень пожарной опасности в лесу по условиям погоды определяется по принятому в лесном хозяйстве комплексному показателю В. Г. Нестерова, который вычисляется ежедневно на основе суточных данных о температуре воздуха, температуре точки росы и о количестве выпавших атмосферных осадков. При значении показателя В. Г. Нестерова более 1000 складываются опасные условия возгорания леса. Характеристикой горимости леса для всего года может служить количество дней в году с показателем В. Г. Нестерова более 1000. Для проверки применимости такого критерия проводилось сравнение количества пожароопасных дней за год с индексом Нестерова более 1000 на станциях России с фактическими данными о количестве лесных пожаров по СФ России с учётом площадей, занятых лесом в каждом СФ.

Лесистость СФ и их площадь могут сильно отличаться для разных СФ. На рис. 5 представлены сведения по тем субъектам Федерации, по которым лесистость больше 30 %. Таких 49 регионов.

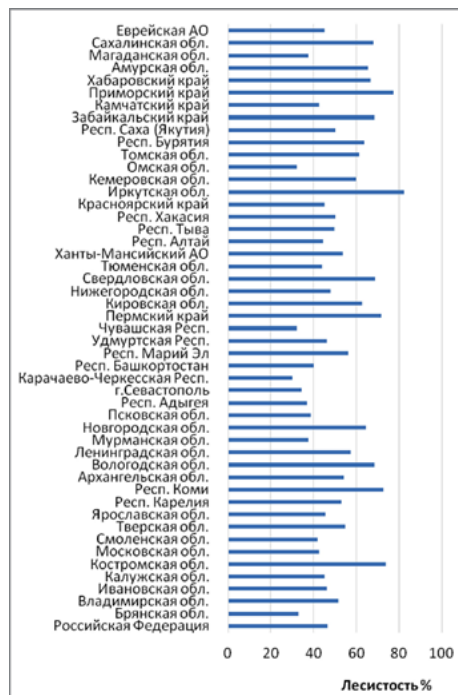


Рис. 5. Лесистость субъектов Федерации РФ в процентах от площади по данным Федерального агентства лесного хозяйства за 2019 год [1]

но в других районах Сибири и Дальнего Востока количество лесных пожаров оказалось слабо связано с количеством дней года с индексом Нестерова более 1000. Критерии горимости по индексу Нестерова для упомянутой территории оказались не показательными, так как в своё время были разработаны только для европейской части СССР. Следует также учитывать, что индекс Нестерова характеризует прежде всего потенциальную опасность возгорания леса, но не условия прекращения горения

На рис. 6 показана карта коэффициентов корреляций между изменениями фактического количества пожаров на каждые 1000 км² лесной площади и изменениями количества пожароопасных дней за год по метеорологическим условиям на территории всей России за 2009–2019 гг.

Карта отображает зависимость количества лесных пожаров от метеорологических условий по критерию индекса Нестерова с учётом главного необходимого условия – наличия леса в СФ. В лесных районах ЕТР, на юге Западной Сибири и в некоторых более западных районах на юге эта связь оказалась тесной,

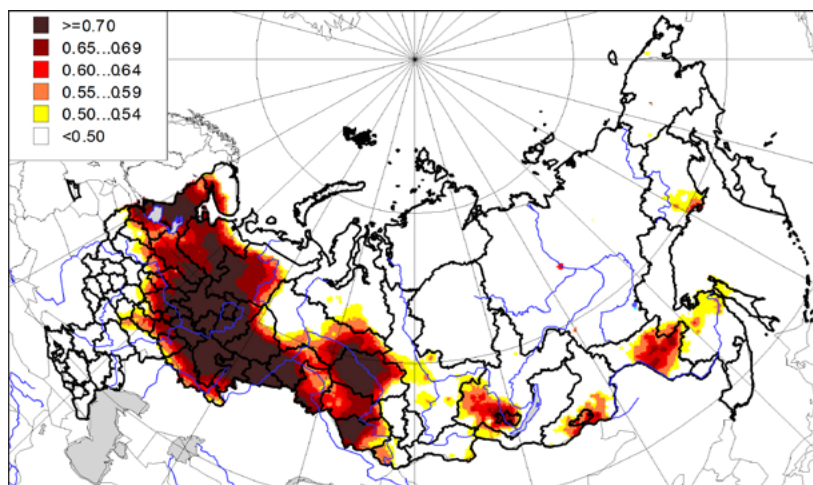


Рис. 6. Коэффициенты корреляций между изменениями количества пожаров на 1000 км² лесной площади по СФ и изменениями количества пожароопасных дней за год на станциях соответствующего СФ за 2009–2019 гг.

леса. Однажды возникший пожар может затем продолжаться и при меньших значениях индекса Нестерова. Возможно, с этим связана слабая связь количества лесных пожаров с количеством пожароопасных дней.

Пожары в лесах России начинаются во втором квартале года вместе со сходом снежного покрова и продолжаются затем до осенних дождей несмотря на противопожарные мероприятия и уменьшение индекса Нестерова. Способность леса к возгоранию весной определяется метеорологическими условиями высыхания надпочвенной подстилки после схода снежного покрова. Весной чаще всего возникает беглый пожар, при котором горят почвенные покровы, опавшие листья и хвоя. Такие пожары распространяются с большой скоростью там, где есть высохший надпочвенный покров. Горение надпочвенного покрова на единице площади продолжается короткое время, при котором обгорают корни деревьев, кора, хвойный подлесок, но такой пожар быстро распространяется. Затем начинают гореть кроны деревьев [4]. Кратковременные летние дожди мало влияют на пожары, а

противопожарные мероприятия проводятся преимущественно вблизи населённых пунктов и не охватывают все лесные площади. Часть пожаров второго квартала продолжают в третьем и затем в четвёртом кварталах года.

Доказательством долгожительства лесных пожаров являются высокие коэффициенты корреляции между рядами количества лесных пожаров во втором квартале года и количества пожаров в тех же местах в третьем и четвёртом кварталах года.

На рис. 7 представлена карта коэффициентов корреляций между изменениями количества пожаров (на 1000 км²) в СФ во втором и третьем кварталах года, вычисленных по данным наблюдений за 2009–2019 гг.

Тесная связь количества лесных пожаров в смежных кварталах показывает, что лесные пожары возникают весной при благоприятных метеорологических условиях и затем сохраняются в тех же СФ в течение всего лета. Летом к ним добавляются новые очаги возгораний. Метеорологические условия являются важным фактором при возгорании леса, а далее ни понижение температуры, ни выпадение осадков часто не могут прекратить горение вплоть до появления снежного покрова.

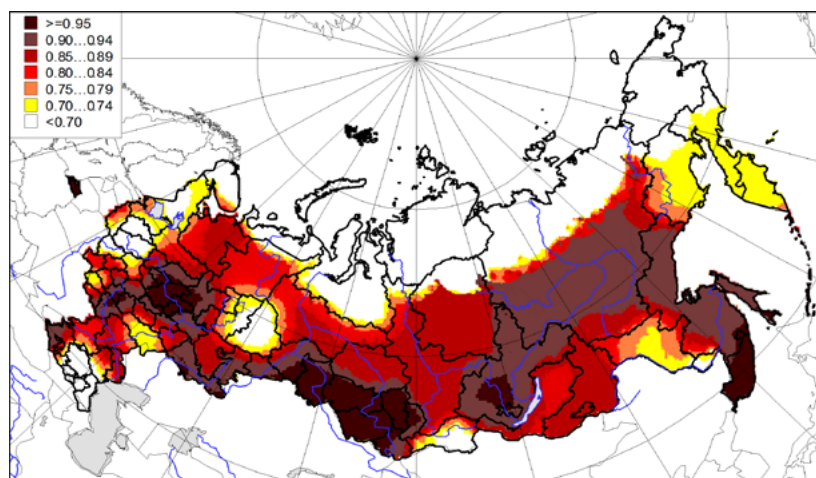


Рис. 7. Коэффициенты корреляций между изменениями количества пожаров на 1000 км² во втором и третьем кварталах года

Вычисленные коэффициенты корреляции изменения количества лесных пожаров во втором квартале с изменениями индекса засушливости Педя за 2009–2019 гг. по каждой станции показаны на карте рис. 8.

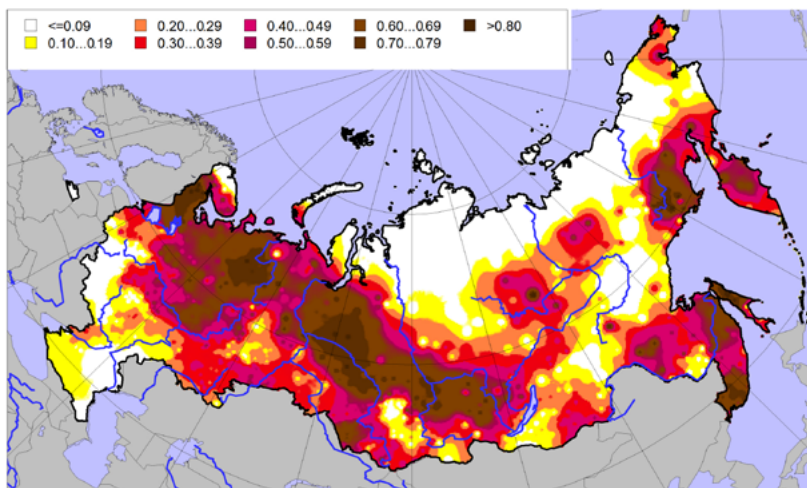


Рис. 8. Коэффициенты корреляции количества лесных пожаров с индексом засушливости Педя по каждой станции

Вклад индекса засушливости в описание многолетних изменений количества лесных пожаров по субъектам Федерации составляет в лесных районах от 30 до 60 %.

Индекс засушливости Педя оказался более универсальным по всей территории России в качестве показателя изменения пожарной опасности в лесах.

Заключение

В связи с потеплением климата в конце XX века количество лесных пожаров возрастало, а также увеличивалась площадь, пройденная пожарами. Но с начала XXI века и по настоящее время количество лесных пожаров уменьшается. Площадь лесных земель, по которым проходили пожары, оставалась сравнительно небольшой и стабильной с 1999 по 2013 год, а далее наметился быстрый рост площади лесных пожаров.

Уменьшение количества лесных пожаров в последние два десятилетия согласуется с понижением температуры воздуха и с увеличением количества атмосферных осадков летом во многих районах России. В центральный месяц лета температура воздуха понижалась почти на всей лесной части Европейской территории России, а также над большей частью Восточной Сибири и Дальнего Востока. Количество атмосферных осадков в июле увеличилось в ЕТР, в южной половине Западной Сибири и на Дальнем Востоке.

В лесных районах ЕТР, на юге Западной Сибири и в некоторых более западных районах на юге выявлена тесная связь количества пожароопасных дней и количества лесных пожаров, но в других районах Сибири и Дальнего Востока количество лесных пожаров оказалось слабо связано с количеством дней года с индексом Нестерова более 1000. Критерии горимости по индексу Нестерова для упомянутой территории оказались не показательными.

Индекс засушливости Педя оказался более универсальным по всей территории России в качестве показателя изменения пожарной опасности в лесах. Его вклад в описание многолетних изменений количества лесных пожаров составляет в лесных районах субъектов Федерации от 30 до 60 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая межведомственная информационно-статистическая система государственной статистики <https://www.fedstat.ru/>
2. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы её определения. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
3. Педь Д. А. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–38.
4. Методика оценки последствий лесных пожаров. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Книга 2. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 199. 12 с.

УДК 551.501:551.515

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ РОСГИДРОМЕТА ПО ВЕДЕНИЮ ГОСФОНДА ДАННЫХ

В. М. Шаймарданов

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

Введение

В Росгидромете создан уникальный Государственный фонд данных о состоянии окружающей природной среды (Госфонд). В нём сосредоточены документы и данные наблюдений за состоянием природной среды по территории России, зарубежным территориям и акватории Мирового океана по различным разделам изучения природной среды, полученные в результате деятельности станций и постов гидрометеорологической сети, морских судов и других организаций [1].

В настоящее время, долговременное хранение данных Фонда осуществляется централизованно во ВНИИГМИ-МЦД на лентах роботизированной библиотеки большой ёмкости, так как объём накопленной Росгидрометом информации превышает 5 Пб [2]. В фонде ВНИИГМИ-МЦД хранятся документы с данными наблюдений за состоянием окружающей среды, полученные в результате деятельности территориальных управлений Гидрометслужбы (УГМС), ПИУ, других государственных и негосударственных организаций. Фонд данных на машиночитаемых носителях регулярно пополняется также путём международного обмена данными, через Интернет и другими способами. Ежегодное минимальное увеличение данных составляет 700 Гб информации – с сети наблюдения Росгидромета и 200 Гб – по каналам связи [3].

Во ВНИИГМИ-МЦД ежегодно готовятся отчёты о деятельности УГМС и НИУ Росгидромета по пополнению Госфонда за предыдущий год.

На сайте института (раздел ЕГФД по адресу: <http://meteo.ru/egfd/144-formation-egfd>) помещены полные отчёты о деятельности за последние годы, подготовленные на основании представленных УГМС и НИУ Росгидромета годовых отчётов отделов и групп фонда данных (далее – ОФД), показано состояние фонда: объём данных, комплектование, существующее техническое оснащение отделов фонда в УГМС и т. д.

В данной статье освещены основные аспекты деятельности организаций Росгидромета по ведению Госфонда данных, объёмы их хранения на различных носителях и т. д., которые интересны большинству пользователей гидрометеорологических данными.

1. Объёмы данных Госфонда Росгидромета по состоянию на начало 2021 года

На начало 2021 года в Госфонде Росгидромета хранится:

- 2 754 038 единиц хранения документов на бумажном носителе информации, из них 2 625 711 единиц постоянного срока хранения, относящиеся к Архивному фонду Российской Федерации, и 128 327 единиц хранения документов временного срока хранения;
- 865 393 единицы хранения документов на фотоносителях;
- информация на электронных носителях записана в роботизированную библиотеку в объёме 1859,27 Гб.

Занимаемая площадь хранения документов – 11 909,7 м². Обслуживают Госфонд Росгидромета 127 человек.

Сведения о хранении документов Госфонда Росгидромета в различных организациях по состоянию на начало 2021 года приведены в табл. 1.

В начале 2021 года Госфонд Росгидромета, по сравнению с предыдущим годом, изменился следующим образом:

- объём документов постоянного срока хранения увеличился на 29 188 единиц хранения;
- объём всех документов на бумажных носителях увеличился на 30 793 единицы хранения;
- на электронных носителях объём информации увеличился на 52,49 Гб за счёт поступления текущей информации за отчётный год.

Таблица 1

Сведения о хранении документов Госфонда Росгидромета в учреждениях Росгидромета

Наименование УГМС, НИУ	Площадь архивохранилищ (кв. м)	Степень загрузки (%)	Площадь читального зала (кв. м)	Кол-во сотрудников (шт. ед.)	Документы на бумажных носителях информации (ед. хр.)								Фотоносители (ед. хр.)	Документы на электронных носителях (Гб)
					Всего	Постоянного срока хранения			Всего	Из них документов организаций, не относящихся к Росгидромету	Времен- ното срока хранения			
						Период наблюдений (крайние даты)	Всего	Всего						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13			
ФГБУ «Башкирское УГМС»	100,0	100,0		2	34727	1912–2019	29361	16	5366	6				
ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС»	381,0	63,9	22,0	1	126140	1829–2019	118251	1420	7889	4741				
ФГБУ «Дальневосточное УГМС»	522,9	100,0		2	88971	1847–2020	87632	1495	1339	8928				
ФГБУ «Забайкальское УГМС»	344,7	83,3	24,9	4	100528	1744–2019	99320	467	1208					
ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»	364,2	95,8		7	112887	1830–2019	102309	1736	10578					
ФГБУ «Иркутское УГМС»	277,0	100,0	18,9	6	92100	1873–2020	67937	722	24163	4158				
ФГБУ «Камчатское УГМС»	198,0	96,0	36,0	2	61823	1837–2018	60387	434	1436					
ФГБУ «Колымское УГМС	96,2	89,1	15,1	1	32924		32601	20	323					
ФГБУ «Крымское УГМС»	23,8	89,1		1	8749	1898–2019	8749	1533						
ФГБУ «Мурманское УГМС»	166,5	83,0	16,4	2	45870	1861–2019	45357	1447	513					
ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»	162,1	94,5	3,0	2	78788	1832–2019	70560	2129	8228	462				

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
ФГБУ «Приволжское УГМС»	326,0	98,0	16,0	4	106561	1828-2020	104557	1366	2004	3852	
ФГБУ «Приморское УГМС»	136,9	97,2		2	47893	1892-2019	46996	1056	897		
ФГБУ «Сахалинское УГМС»	238,3	92,8	19,0	3	61178	1853-2019	45529	139	15649	940	
ФГБУ «Северное УГМС»	299,4	104,0		3	103129	1913-2019	100454	1879	2675	8043	
ФГБУ «Северо-Западное УГМС»	373,7	90,7	24,0	7	136692		135833	984	859		
ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»	786,4	44,8		4	163997		153891	13403	10106		
ФГБУ «Среднесибирское УГМС»	261,0	100,4	15,0	4	111553	1838-2020	110706	2490	847		
ФГБУ «УГМС Республики Татарстан»	54,0	86,0	42,0	2	22934	1831-2019	22415	232	519	793	
ФГБУ «Уральское УГМС»	260,0	100,0		2	125240	1734-2019	109350	2847	15890	3450	
ФГБУ «Центральное УГМС»	703,5	92,3	16,5	7	141343	1824-2019	137084	2536	4259		
ФГБУ «Центрально-Чернозёмное УГМС»	189,0	100,2	34,0	3	96614	1836-2019	91750	1233	4864	2840	
ФГБУ «Чукотское УГМС»	57,2	89,0	15,0	1	11401	1953-2010	9698	47	1703	2109	
ФГБУ «Якутское УГМС»	249,9	90,2	16,5	5	83935	1829-2019	83935	409			
ФГБУ «ААНИИ»	433,0	93,3	30,0	4	59813	1826-2020	56151	276	3662	12921	
ФГБУ «ВГИ»	48,0	80,0	20,0	2	4932	1948-2020	4932				
ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	2990,5	48,7	24,0	10	372861	1610-2020	372861			373756	1859,27
ФГБУ «ВНИИСПХМ»	18,0	170,0		1	5951	1922-2014	4183		1768		
ФГБУ «ГГИ»	116,2	92,5	8,0	2	25545	1919-2019	25545				
ФГБУ «ГГО»	772,7	82,2	9,0	2	206866	1881-2010	206866			70030	
ФГБУ «Гидрометцентр России»	287,4	100,0		2	29110	1979-2006	28574		536		
ФГБУ «ГОИН»	44,8	72,0	4,0	4	8955	1836-2020	8955			95	
ФГБУ «ГХИ»	151,0	100,0	15,0	4	24784	1967-2020	24784				
ФГБУ «ДВНИИГМИ»	32,0	62,5	12,0	4	7319	1927-2005	7319				
ФГБУ «ИГКЗ «				1	8	2009-2019	8				
ФГБУ «ИМП»				3	2320	1976-1980	2320				
ФГБУ «НИЦ «Планета»	279,7	70,7	49,0	6	58	1979-1994	58			368269	
ФГБУ «НПО «Тайфун»	46,0	85,2	50,0	2	4884	1954-2020	4884	33			
ФГБУ «ЦАО»	38,7	97,0		1	4655	1936-2019	3609		1046		
ФГБУ «КаспМНИЦ»	80,0	79,4	15,0	2							
ИТОГО:	11909,7	77,3	570,3	127,0	2754038,0		2625711,0	40349,0	128327,0	865393,0	1806,78

Объём информации Госфонда Росгидромета на различных носителях по видам наблюдений на начало 2021 года представлен в табл. 2 и рис. 1 и 2.

Таблица 2

**Объёмы данных Госфонда Росгидромета по видам наблюдений
на различных носителях**

№ п/п	Вид информации	Бумажная основа, ед. хр.	Фотодоку- менты, ед. хр.	Электронные носители, Гб
1	МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ, в т.ч. градиентные наблюдения на телевизионных и других мачтах, метеорологические радиолокационные наблюдения	808 867	174 913	193,57
2	АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ, в т.ч. самолётное зондирование	132 807	29 391	88,77
3	ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ, в т.ч. наблюдения на реках, озёрах и водохранилищах, болотах	660 268	1 727	18,09
4	МОРСКАЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ, в т.ч. океанографические, прибрежные, судовые гидрометеорологические наблюдения, наблюдения на морских устьях рек	66 647	16 720	124,54
5	АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ	347 656	0	7,08
6	СИНОПТИЧЕСКАЯ	95 043	9 711	7,20
7	ГЕО- И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКАЯ, в т.ч. актинометрические, теплобалансовые, озонметрические наблюдения, ракетное и лазерное зондирование и др.	38 157	5 631	68,31
8	ИНФОРМАЦИЯ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, в т.ч. наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и морских вод, фоновое загрязнение окружающей среды	97 986	972	24,37
9	ИНФОРМАЦИЯ ИСЗ	3 133	623 552	780,87
10	ИНФОРМАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТ (ОТЧЁТЫ)	124 487	186	0,00

Окончание табл. 2

№ п/п	Вид информации	Бумажная основа, ед. хр.	Фотодокументы, ед. хр.	Электронные носители, Гб
11	РЕЖИМНО-СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ (публикации, содержащие ежемесячные, ежегодные сведения, обобщения, обзоры и т.д.)	230 190	128	8,04
12	ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	83 981	216	531,19
13	ОБЩИЕ ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ НАБЛЮДЕНИЙ	59 703	2 246	7,44
14	СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ (на дрейфующих станциях, гляциологические, селестоковые, снеголавинные)	5 113	0	0,01
	ИТОГО:	2 754 038	865 393	1 859,27

Комплектование Госфонда Росгидромета осуществляется в соответствии с требованиями РД 52.19.143–2010 «Перечень документов архивного фонда данных о состоянии окружающей среды, её загрязнении», введенного в действие с 01.10.2010 года.

Как видно из таблицы, значительный объем данных всё ещё хранится на бумажных носителях. На рис. 1 указано, что основной объем фонда на бумажных носителях составляет: метеорологическая информация (29,37 %), гидрологическая (23,97 %), агрометеорологическая (12,62 %), режимно-справочные издания (8,36 %). Остальные виды информации составляют каждый менее 5 % от общего объема фонда.

К настоящему времени осуществлена перезапись информации с устаревших магнитных лент в роботизированную библиотеку, а также ведётся активная работа по переписи данных с бумажных носителей на электронные с использованием устройств сканирования [3].

На рис. 2 представлены объёмы данных Госфонда, имеющиеся на электронных носителях. Как видно на рис. 2, основной объем фонда составляет: метеорологическая информация (35,85 %), морская гидрометеорологическая (23,07 %), аэрологическая (16,44 %),



Рис. 1. Объёмы данных Госфонда на бумажных носителях

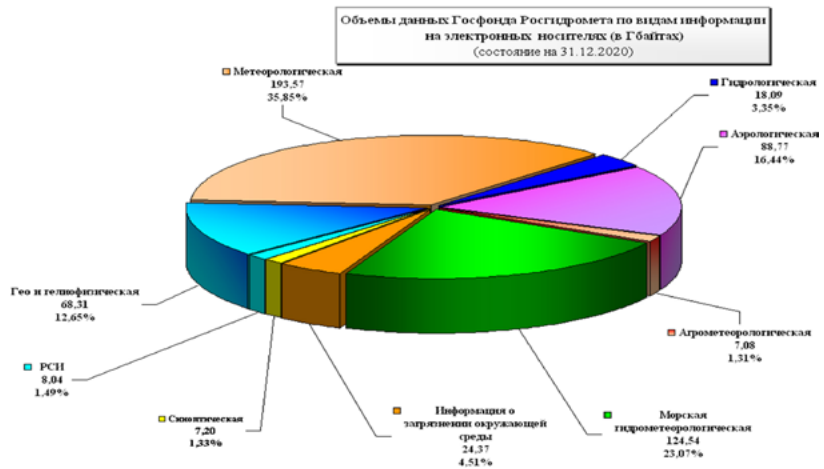


Рис. 2. Объёмы данных Госфонда на электронных носителях

гео- и гелиофизическая (12,65 %). Остальные виды информации составляют менее 5 % от объёма фонда каждый.

С 2008 года во ВНИИГМИ-МЦД и УГМС активно ведутся работы по повышению качества массивов данных метеорологических станций и гидрологических постов на электронных носителях. С

этой целью между ВНИИГМИ-МЦД и многими УГМС заключены соглашения, по которым ВНИИГМИ-МЦД обеспечивает подготовку массивов по территории УГМС за согласованный период, разрабатывает необходимые программные и технологические средства и передаёт их в УГМС. УГМС проводит контроль, редактирование, заполнение пропусков и возвращает пополненные данные во ВНИИГМИ-МЦД.

В фонде ведётся учёт и пополнение объёма документов, принятых от организаций, не относящихся к Росгидромету, которых к настоящему времени зарегистрировано 968. Из них:

- 624 организации проводят наблюдения (565 организаций передают информацию в УГМС или НИУ Росгидромета, 59 лицензиатов хранят информацию в своих организациях, но представляют сведения о ней в УГМС);
- 165 лицензиатов не проводят наблюдения (аналитическая, прогностическая деятельность, проведение расчётов) или не осуществляют лицензионную деятельность по различным причинам;
- 14 организаций получили лицензии в 2020 году и будут предоставлять сведения позже;
- 165 организаций вообще не предоставляют сведений о своей деятельности.

Количество лицензиатов, проводящих наблюдения и сдающих документы на хранение в ЕГФД, уменьшилось на 2,2 %.

Сторонние организации, получившие лицензию на проведение работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, не только проводят непосредственные наблюдения, но и осуществляют иные виды деятельности.

Практически во всех УГМС Росгидромета проводилась работа по активизации получения сведений от лицензиатов (направлялись письма-запросы, проводились письменные и устные консультации и т. п.).

2. Хранение документов Госфонда Росгидромета

Хранение документов Госфонда Росгидромета в УГМС и НИУ осуществляется в специализированных хранилищах и помещениях, в большей или меньшей степени приспособленных для этих целей.

Общая площадь хранилищ – 11 909,7 м². Хранилища размещены в 144 помещениях, которые в основном переполнены. Из 144 помещений хранилищ: специально построенных – 36, приспособленных – 108, сухих – 142, сырых – 2, светлых – 99, тёмных – 45.

В учреждениях Росгидромета регулярно осуществляются мероприятия по улучшению хранения документов Госфонда Росгидромета. Несмотря на улучшения, проблемы в отдельных УГМС и НИУ остаются.

3. Техническое оснащение отделов УГМС и НИУ Росгидромета, занимающихся ведением фонда данных

Техническое оснащение подразделений Росгидромета представлено в табл. 3.

Таблица 3

Техническое оснащение отделов фонда данных
УГМС и НИУ Росгидромета

№ п/п	Наименование УГМС, НИУ	ПЭВМ	Принтер	Сканер	Ксерокс	МФУ
1	ФГБУ «Башкирское УГМС»	2	1	1		
2	ФГБУ «Верхнее-Волжское УГМС»	2		1		
3	ФГБУ «Дальневосточное УГМС»	2	1			
4	ФГБУ «Забайкальское УГМС»	3	1			2
5	ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»	6	1	1		1
6	ФГБУ «Иркутское УГМС»	5	2		3	
7	ФГБУ «Камчатское УГМС»	1				
8	ФГБУ «Колымское УГМС»	1	1		1	
9	ФГБУ «Крымское УГМС»	1	1			
10	ФГБУ «Мурманское УГМС»	2	2			
11	ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»	2				1
12	ФГБУ «Приволжское УГМС»	3	2	1	1	
13	ФГБУ «Приморское УГМС»	2				1
14	ФГБУ «Сахалинское УГМС»	1	1	2	1	
15	ФГБУ «Северное УГМС»	3	3			
16	ФГБУ «Северо-Западное УГМС»	9	6	3		1
17	ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»	6	1	2		1
18	ФГБУ «Среднесибирское УГМС»	4	1	1		1
19	ФГБУ «УГМС Республики Татарстан»	2	1	1		

Окончание табл. 3

№ п/п	Наименование УГМС, НИУ	ПЭВМ	Принтер	Сканер	Ксерокс	МФУ
20	ФГБУ «Уральское УГМС»	2	1	1	1	1
21	ФГБУ «Центральное УГМС»	10	3	2		3
22	ФГБУ «Центрально-Чернозёмное УГМС»	3	1	2		
23	ФГБУ «Чукотское УГМС»	1	1	1		
24	ФГБУ «Якутское УГМС»	2	1			1
25	ФГБУ «ААНИИ»	3	2		1	1
26	ФГБУ «ВГИ»	1				1
27	ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	14	5	2		1
28	ФГБУ «ВНИИСХМ»	1	1			
29	ФГБУ «ГГИ»	5	3	1	2	1
30	ФГБУ «ГГО»	6	5	4	3	
31	ФГБУ «ГМЦ»	1	2	1	1	1
32	ФГБУ «ГОИН»	3	1	2		1
33	ФГБУ «ГХИ»	4	3	1		
34	ФГБУ «ДВНИГМИ»	4		1		
35	ФГБУ «ИГКЭ»	1	1			
36	ФГБУ «ИПГ»	Сведения не представлены				
37	ФГБУ «НИЦ «Планета»	22	11	4	2	1
38	ФГБУ «НПО «Тайфун»	5	3	3		
39	ФГБУ «ЦАО»	1				
40	ФГБУ «КаспМНИЦ»	4	2	1	1	1
	Итого:	150	71	39	17	22
	Получено в 2020 году		1			

Как видно из таблицы, по состоянию на начало 2021 года ПЭВМ имеют ОФД во всех учреждениях Росгидромета в количестве 150 штук. Помимо этого во ВНИИГМИ-МЦД для хранения информации и работы с ней установлены:

- две роботизированные ленточные библиотеки IBM TS3500, каждая объёмом 4 Пб;
- дисковый массив IBM DS8300 объёмом более 100 Тб;
- сервер управления архивной системой IBM z9 BC с тремя процессорами IFL под управлением ОС z/VM и zLinux SUSE 10 и др. [3].

В указанных подразделениях практически во всех организациях регулярно ведётся работа по реставрации и восстановлению документов Госфонда.

Всего отреставрировано 4 244 таблицы, 8 315 ед. хр. документов, обновлено 266 папок для хранения документов, изготовлено 108 коробок для хранения документов; переплетено 2 509 документов, проведена санитарно-гигиеническая обработка и обеспыливание 21 706 документов.

4. Методическая работа с сетью

Все отделы фонда данных УГМС Росгидромета, ВНИИГМИ-МЦД, ГГО, ДВНИГМИ, НИЦ «Планета», НПО «Тайфун» регулярно проводят методическую работу с подразделениями по вопросам учёта, хранения, использования и экспертизы ценности документов Госфонда, хранящихся в подразделениях, в соответствии с требованиями РД 52.19.143–2010, РД 52.19.568–2010.

Все подведомственные учреждения и подразделения полностью обеспечены нормативно-методическими документами по формированию Госфонда.

Например, в течение отчётного года в подведомственные подразделения направлялись методические письма, по телефону давались консультации и рекомендации по учёту и хранению документов наблюдений Госфонда Росгидромета, по учёту числа пользователей информацией ЕГФД, по составлению описей и заверительного листа дела, а также о проведении экспертизы ценности документов, хранящихся в подразделениях в соответствии с РД 52.19.568–2010. Всего сотрудниками ОФД было дано 413 консультаций. Проведено 129 проверок подразделений.

5. Обеспечение пользователей Госфонда гидрометеорологической продукцией

Для полноценного обеспечения пользователей необходимы данные, в максимальной степени достоверные, регулярные по времени, освещающие возможно большую территорию за продолжительный период времени. Особенно важны данные за

многолетние периоды, например при исследовании изменений климатических условий [4–7].

В настоящее время продолжена работа с пользователями информации Госфонда Росгидромета. На рис. 3 представлены основные пользователи информационных ресурсов ЕГФД.

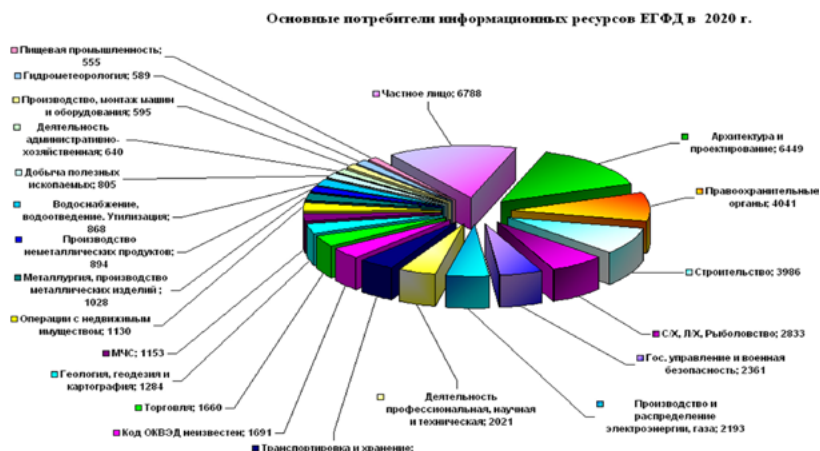


Рис. 3. Основные пользователи информационных ресурсов ЕГФД

Сотрудниками ОФД УГМС и НИУ Росгидромета только в 2019 году выполнено в общей сложности 6473 запроса на гидрометеороинформацию, из них 860 (13,29 %) запросов сторонних организаций.

Выдано пользователям 75 153 единицы хранения документов Госфонда Росгидромета на бумажном носителе (сторонним – 7115 ед. хр., 9,5 %), 670 справок (сторонним – 564 справки, 90,1 %), 376 листов ксерокопий (сторонним – 247 листов, 65,7 %) и 17 428,05 Мб информации на электронных носителях (сторонним – 506,9 Мб, 2,9 %).

За последний год число пользователей в ОФД увеличилось на 2,3 %, число выданных справок – на 5,5 %. Уменьшилось число запросов на 18,5 %, объем выданной информации по единицам хранения – на 22,2 %, число скопированных листов документов – на 11,01 %.

Кроме документов на бумажных носителях в ОФД УГМС и НИУ Росгидромета пользователям Госфонда предоставлялись данные в электронном виде. Объёмы данных, предоставленных УГМС и НИУ пользователям, следующие:

- Забайкальское УГМС – 8,28 Мб;
- Западно-Сибирское УГМС – 233,7 Мб;
- Иркутское УГМС – 180,79 Мб;
- Колымское УГМС – 170,22 Мб;
- Приволжское УГМС– 1371,4 Мб;
- Приморское УГМС– 8,5 Мб;
- Сахалинское УГМС – 287,43 Мб;
- Северо-Западное УГМС – 28,57 Мб;
- Среднесибирское УГМС – 155,52 Мб;
- Уральское УГМС– 9,5 Мб;
- Центральное УГМС – 0,42 Мб;
- ААНИИ – 14329,6 Мб;
- ГГО – 44,0 Мб;
- ГХИ – 190,5 Мб;
- ДВНИГМИ – 23,0 Мб;
- ИГКЭ – 6,0 Мб;
- ИПГ – 179,92 Мб;
- КапМНИЦ – 200,0 Мб.

Распределение запросов пользователей по видам информации представлено в табл. 4. Данные, представленные в таблице, наглядно показывают, что через ОФД в основном запрашивается метеорологическая и гидрологическая информация. При этом основное обслуживание ведут УГМС, количество выполненных НИУ запросов на порядок меньше.

В настоящее время продолжается работа по популяризации Росгидромета и информированию пользователей о документах Госфонда Росгидромета в виде информационных бюллетеней, тематических выставок и выставок поступлений, оповещений в средствах массовой информации и на сайтах практически всех учреждений Росгидромета. Большинство организаций для обеспечения пользователей используют автоматизированные справочно-поисковые системы Госфонда Росгидромета.

Таблица 4

Распределение запросов пользователей по видам информации

Виды информации	Количество запросов		
	УГМС	НИУ	Сумма
Метеорологическая	2413	646	3059
Аэрологическая	10	11	21
Гидрологическая	1702	140	1842
Морская гидрометеорологическая	293	44	337
Агрометеорологическая	326	0	326
Специальные гидрометеорологические наблюдения	5	3	8
Геогелиофизическая	4	45	49
Информация о загрязнении окружающей среды	260	232	492
Синоптическая	49	1	50
Информация ИСЗ	0	4	4
Общие документы для всех видов наблюдений	124	6	130
Зарубежная информация	0	0	0
Информация научных исследований и экспедиционных работ	94	61	155
Итого:	5280	1193	6473

6. Результаты организационно-методических работ по ведению Госфонда Росгидромета

Для полноценного ведения фонда необходимо вести организационно-методические работы. Так, например, за предыдущие годы проведены следующие мероприятия.

ВНИИГМИ-МЦД ежеквартально обобщает и анализирует сведения от УГМС и НИУ Росгидромета по показателю «Число пользователей ЕГФД» на основании «Методики учёта числа пользователей Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, её загрязнения», которые рассматриваются на ежегодных заседаниях коллегии Росгидромета по итогам работы гидрометсети, сбора, обработки, хранения и распространения информации ЕГФД.

Ежегодно ВНИИГМИ-МЦД составляет аналитическую справку по отчётам УГМС и НИУ по показателю «Число пользователей Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, её загрязнения» в учреждениях Росгидромета за предыдущий год. Справка направляется в Росгидромет для анализа эффективности работы по этой проблеме.

В соответствии с функциями ВНИИГМИ-МЦД по методическому руководству по ведению ЕГФД и «Планом инспекций организаций наблюдательной сети и других командировок, осуществляемых НИУ Росгидромета (головным по видам наблюдений) в рамках научно-методического руководства», утверждённом Руководителем Росгидромета, проводятся инспекции ОФД. Имеются акты инспекций.

Продолжается работа по экспертизе ценности документов Госфонда Росгидромета, отбираемых на хранение или списание в связи с истечением сроков хранения. Ежегодная экспертиза научной и практической ценности документов Госфонда Росгидромета проводилась во всех УГМС, ГГИ, Гидрометцентре России, ГОИН, ГХИ, НПО «Тайфун», ЦАО.

В экспертно-проверочную комиссию Госфонда Росгидромета представлены на утверждение акты о выделении к уничтожению документов Госфонда Росгидромета с истёкшими сроками хранения.

На сегодняшний день списано и уничтожено 1317 ед. временного срока хранения документов Госфонда Росгидромета.

Например, во ВНИИГМИ-МЦД по вопросам формирования Госфонда Росгидромета и уточнения отчётных данных УГМС и НИУ подготовлено и отправлено большое количество писем, факсов, электронных писем, телефонных консультаций, консультаций по электронной почте.

Выводы и предложения

Проведённый анализ работы отделов фонда данных УГМС и НИУ позволяет сделать вывод, что в Росгидромете функционирует, развивается и используется Госфонд Росгидромета для решения практических задач и обеспечения различных отраслей экономики.

Особенно важны данные, в максимальной степени достоверные за многолетние периоды, например при исследовании изменения климатических условий.

Большинство УГМС и НИУ обеспечивают комплектование ЕГФД и Госфонда Росгидромета в соответствии с требованиями руководящих документов и годовыми планами комплектования, утверждаемыми их руководителями.

Но имеются определённые трудности. Для решения проблем фонда данных, сохранности материалов, определённых как государственная собственность, необходимо увеличение финансовых средств, площадей под архивохранилища, квалифицированных кадров. Прекратилось строительство архивохранилищ.

Недостаток штатных сотрудников в ОФД отдельных УГМС и НИУ Росгидромета ставит под угрозу сохранность документов фонда. Для более продуктивной работы ОФД необходимо привлечение к работе молодых специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шаймарданов М. З., Веселов В. М., Стерин А. М., Шаймарданов В. М.* Концепция модернизации архивной системы Мирового метеорологического центра // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. С. 3–37.
2. *Николаев Е. А., Шаймарданов В. М.* Развитие архивной системы Росгидромета // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 3–10.
3. *Шаймарданов В. М.* Развитие архивной системы данных о состоянии окружающей природной среды на базе современных технических средств // Труды ГГО. 2011. Вып. 563. С. 179–190.
4. *Переведенцев Ю. П., Френкель М. О., Шаймарданов М. З.* Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области. Казань: Казанский государственный университет, 2010. 242 с.
5. *Коршунова Н. Н., Давлетшин С. Г.* Климатические характеристики заморозков на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 186. С. 5–20.
6. *Bengtsson L., Hodges K. I., Keenlyside N.* Will Extratropical Storms intensify in a Warmer Climate? // J. Climate. 2009. V. 22. P. 2276–2301.
7. *European Climate Assessment & Dataset project* <https://www.ecad.eu/>
Дата обращения: июнь 2020 г.

УДК 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МНОГОЛЕТНИХ
СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКОРОСТИ ВЕТРА
В НИЖНЕМ СЛОЕ ТРОПОСФЕРЫ НАД ЗЕМНЫМ ШАРОМ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ
ЗА 1964–2018 ГГ.**

О. А. Алдухов¹, И. В. Черных²

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

¹ aoa@meteo.ru, ² civ@meteo.ru

Введение

Знания о вертикальной структуре многолетних статистических характеристик основных метеорологических величин (температуры, влажности и скорости ветра), определённой по данным радиозондовых измерений в нижнем слое тропосферы над разными широтными зонами, необходимы при решении как научных, так и прикладных задач, например, при климатических исследованиях атмосферы, геоэкономическом обосновании строительства атомных и тепловых электростанций [1–8].

Для получения оценок параметров нижнего двухкилометрового слоя тропосферы могут быть использованы результаты стандартного радиозондирования атмосферы [9, 10] после их специальной обработки [1, 11]. Проведённое сравнение [1, 11] результатов использования различных методов интерполяции [12–16] для работы с данными в этом слое показало, что точность расчётов параметров зависит от выбора метода интерполяции и что использование сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы [14, 15] даёт наилучшие результаты.

В данной работе продолжено комплексное изучение вертикальной структуры основных метеорологических величин в разных слоях атмосферы за один период радиозондовых наблюдений 1964–2018 гг. [17–21]. Предметом исследования является нижний двухкилометровый слой тропосферы над поверхностью

земного шара. Ранее исследования были проведены для более коротких периодов наблюдений и/или меньшей территории [2, 3, 22]. Для скорости ветра (S) были рассчитаны многолетние средние значения и её среднеквадратические отклонения (σ) для месяцев, сезонов и за год в целом по результатам радиозондирования за период 1964–2018 гг.; проанализированы внутригодовые изменения их вертикальной структуры в нижнем двухкилометровом слое тропосферы над земным шаром (ЗШ) в целом, Северным (СП) и Южным (ЮП) полушариями; определены соответствующие интервалы внутригодовых изменений рассчитанных статистик для стандартных высот в нижнем слое тропосферы 0–2 км и месяцы, в которые были отмечены абсолютные минимумы и максимумы статистических характеристик, а также высоты, на которых они были зафиксированы.

1. Данные и методы

В качестве информационной базы для исследования были использованы данные глобального массива радиозондовых наблюдений CARDS (Comprehensive Aerological Reference Data Set) [9], пополненные текущими данными из массива АЭРОСТАС [10]. К исходным станционным данным была применена процедура комплексного контроля качества [9, 11, 23], и затем для расчётов были включены только наблюденные и восстановленные во время прохождения процедуры контроля значения. Использованы результаты радиозондовых наблюдений, проводимых на станциях глобальной аэрологической сети в сроки 0 и 12 ч ВСВ (Всемирное скоординированное время) за период 1964–2018 гг. Наблюдения за период 1937–1963 гг. не включены в исследование из-за их малого числа, а также из-за стремления использовать максимально однородные по технике проведения наблюдений данные (температурные поправки на сети вводились постепенно в период с 1960 по 1963 год [24]).

Для включения станции в данное исследование требовалось наличие данных наблюдений за 15 лет из полного периода наблюдений, включая 2018 год. Несколько этапов обработки исходных данных, состоящих в объединении близкорасположенных

аэрологических станций, взаимно заменяемых в процессе эксплуатации, исключении коротких и очень старых рядов наблюдения, привело к формированию массива данных по 774 станциям глобальной аэрологической сети за период наблюдений 1964–2018 гг. На рис. 1 представлено распределение этих станций; он иллюстрирует неоднородное распределение станций по земному шару: наиболее плотно покрыты станциями умеренные широты СП, и сравнительно редко – ЮП, Африка и океанские территории Земли.

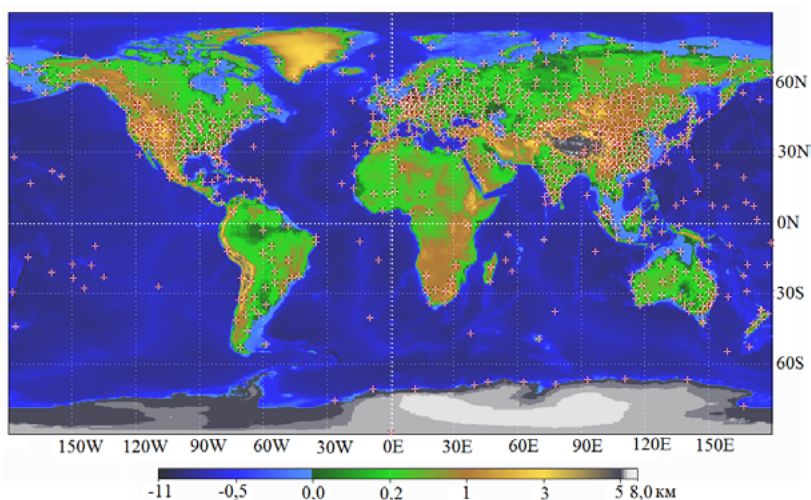


Рис. 1. Распределение 774 аэрологических станций глобальной аэрологической сети, использованных в исследовании (1964–2018 гг.)

Вследствие значительной неоднородности расположения аэрологических станций даже внутри широтных зон в данной работе осреднение выполняется по площади влияния каждой станции, определяемой радиусом горизонтальной корреляции соответствующих аэрологических величин. Кроме того, поскольку станции в соседних зонах, близкорасположенные к каждой заданной, несут полезную информацию и о заданной зоне вследствие горизонтальной коррелированности наблюдаемых величин, то эти станции из соседних зон включались в «расширенный» список для каждой

заданной зоны. Таким образом в определённой степени пополнялся источник информации для каждой конкретной зоны по данным ближайших соседних станций и «выравнивалась» пространственная однородность исходных наблюдений. Число наблюдений в разных широтно-долготных зонах земного шара приведено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение числа аэрологических станций и числа наблюдений по разным широтным зонам земного шара (числитель), число станций и наблюдений по «расширенным» спискам (знаменатель). 1964–2018 гг.

Название широтно-долготной зоны	Число станций (по «расширенному» списку)	Число зондирований (по «расширенному» списку)
Северное полушарие	633 / 658	18252868 / 18681338
Южное полушарие	141 / 178	2826204 / 3513639
Земной шар	774 / 774	21079072 / 21079072

Для включения радиозондового профиля в расчёты требовалось наличие данных измерений от уровня земли до высоты 2 км. В пределах нижнего двухкилометрового слоя тропосферы в аэрологических телеграммах обычно содержится достаточное число наблюдений, которые могут быть использованы для оценки его параметров [1, 11]. Наиболее часто – это наблюдения на уровнях особых точек профилей температуры и ветра, где нарушается линейность их изменения [11]. Для учёта особенностей решаемой задачи перед вычислением статистических характеристик параметров слоя 0–2 км была проведена необходимая специальная обработка постанционных аэрологических данных, которая состояла из двух этапов: на первом из них по вертикальным радиозондовым профилям были получены значения метеорологических величин на стандартных высотах в рамках этого слоя: 0, 50, 100, 150, 200 м, далее через каждые 100 м до высоты 2000 м над уровнем подстилающей поверхности; на втором был проведён дополнительный контроль качества данных с акцентом именно на слой тропосферы 0–2 км [1, 11].

Значения метеорологических величин на стандартных высотах в изучаемом слое определялись с использованием сплайновой

интерполяции на базе кубического сплайна Акимы [14, 15], которая, как было показано ранее [1, 11], обеспечивает для большинства аэрологических величин наиболее точную интерполяцию с наименьшей погрешностью по сравнению с другими её видами [12–16].

В результатах радиозондовых наблюдений на многих высотах в атмосфере имеются пропуски измерений. Недостаточная высота подъёма баллона радиозонда является основной причиной этого. Пропуски измерений могут быть обусловлены также текущей технологией радиозондовых наблюдений, технологией производства оболочек зондов и датчиков измерения параметров атмосферы, воздействием реальных условий в атмосфере (температуры, влажности и ветра) на техническое состояние радиозонда [2, 3, 11, 24, 25]. При этом в тропосфере, и тем более в её нижнем слое 0–2 км, результаты радиозондовых измерений являются более «благополучными», чем в стратосфере, как в отношении обеспеченности, так и относительно возникновения ошибок расчётов по этим данным, связанных с малой высотой полёта зондов [2, 3, 11, 25].

Для включения месяца в расчёты трендов требовалось наличие 15 измерений за месяц и 15 лет из рассматриваемого 55-летнего периода наблюдений, а также чтобы последний год наблюдений был 2018. Если число наблюдений за месяц на некотором уровне составляло менее 30 % от среднего числа наблюдений на всех уровнях в слое 0–2 км, то данные на таком уровне в расчёты не включены. Это сделано для возможности объективного сопоставления результатов расчётов на разных уровнях.

Для изучения пространственно-временных особенностей многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра в нижнем двухкилометровом слое над Северным и Южным полушариями и над земным шаром в целом вычисления были выполнены для месяцев, сезонов и за год в целом на стандартных высотах в этом слое. На следующем этапе вычислений было проведено двукратное сглаживание по трём точкам, при котором центральной точке присваивался двойной вес, а двум крайним – единичный вес. Использование сглаженных статистических характеристик позволяет более наглядно представить

внутригодовые изменения их вертикальной структуры в изучаемом слое тропосферы.

Для визуализации изменений параметров скорости ветра с высотой была использована линейная интерполяция соответствующих значений, вычисленных для стандартных высот слоя атмосферы 0–2 км.

2. Статистические характеристики скорости ветра в слое 0–2 км

На рис. 2–4 показано распределение по высоте многолетних средних значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра в нижнем двухкилометровом слое тропосферы над Северным и Южным полушарием и земным шаром в целом для разных месяцев, сезонов и за год в целом.

В табл. 2 приведены соответствующие интервалы внутригодовых изменений многолетних статистик, месяцы, в которые отмечены абсолютные минимумы и максимумы средних значений и среднеквадратических отклонений.

Таблица 2

Диапазоны внутригодовых изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра для стандартных высот в нижнем слое тропосферы 0–2 км над Северным и Южным полушарием и над земным шаром в целом за 1964–2018 гг.

Название полушария / земной шар в целом	S , м/с	σ , м/с
Северное полушарие	3,84(8) – 8,93(1)	3,03(7) – 5,79(1)
Южное полушарие	5,14(2) – 9,54(7)	3,92(1) – 7,02(7)
Земной шар	4,48(8) – 8,56(1)	3,78(7) – 5,97(1)

Примечание. Все минимальные значения статистических характеристик зафиксированы на уровне земли, а максимальные – на высоте 2 км. В скобках указаны месяцы, в которые отмечены абсолютные минимумы и максимумы на высотах в слое 0–2 км.

Анализ статистических характеристик, приведённых в табл. 2 и показанных на рис. 2–4, позволил выявить следующие закономерности внутригодовых изменений вертикальной структуры скорости ветра в слое 0–2 км над земным шаром в целом и отдельно над Северным и Южным полушариями.

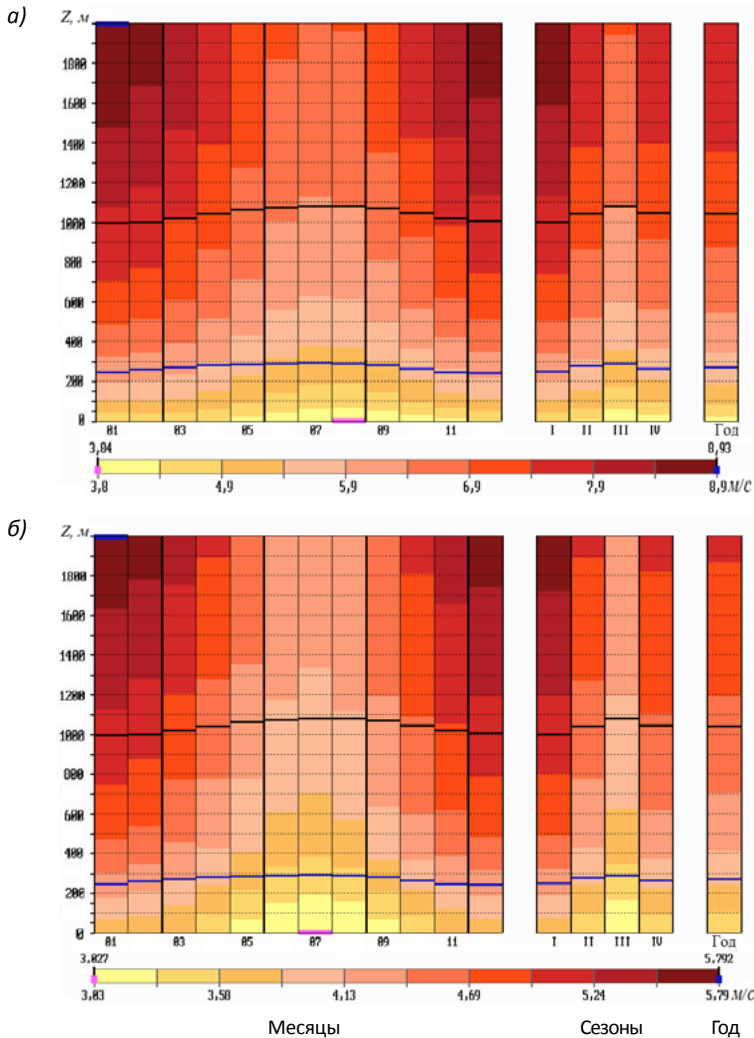


Рис. 2. Многолетние средние (а) и среднеквадратические отклонения (б) скорости ветра S (м/с) в слое атмосферы 0–2 км над Северным полушарием для каждого месяца, сезона и года в целом, рассчитанные по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг. Здесь на рис. 3 и 4 синими и розовыми отрезками отмечены соответствующие максимальные и минимальные значения; сезоны: I – зима (декабрь, январь, февраль); II – весна (март–май); III – лето (июнь–август); IV – осень (сентябрь–ноябрь).

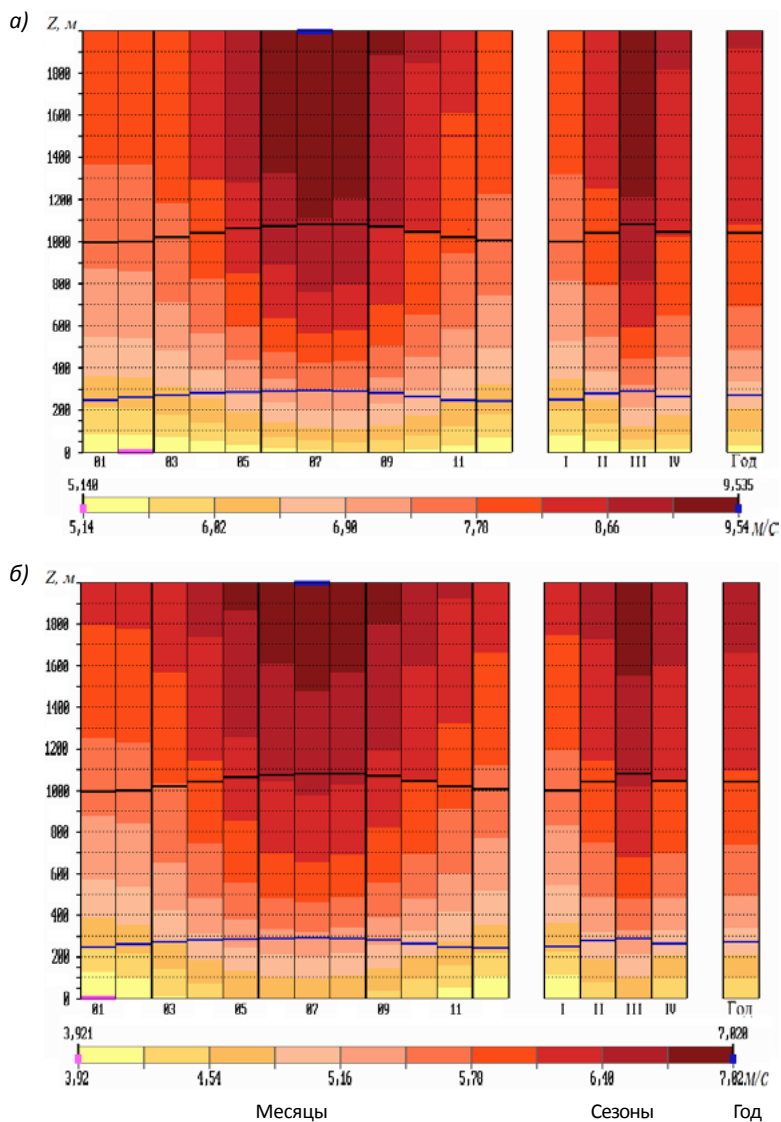


Рис. 3. Многолетние средние (а) и среднеквадратические отклонения (б) скорости ветра S (м/с) в слое атмосферы 0–2 км над Южным полушарием для каждого месяца, сезона и года в целом, рассчитанные по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг.

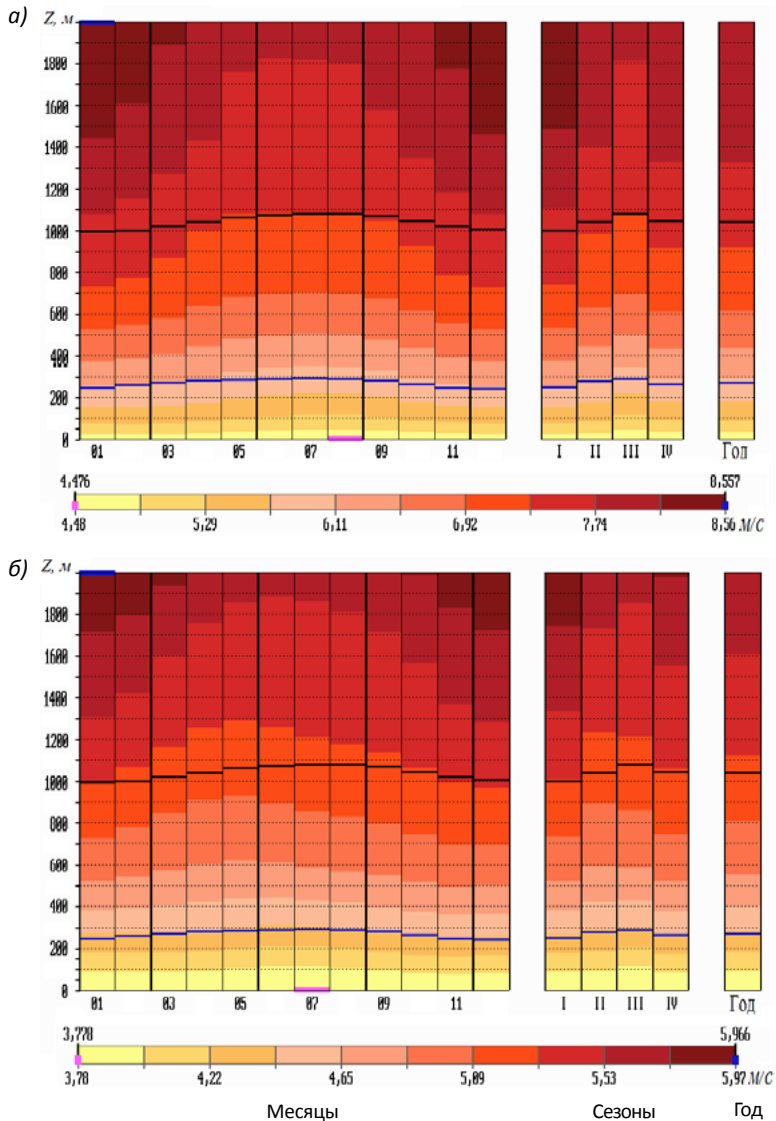


Рис. 4. Многолетние средние (а) и среднеквадратические отклонения (б) скорости ветра S (м/с) в слое атмосферы 0–2 км над земным шаром в целом для каждого месяца, сезона и года в целом, рассчитанные по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг.

Для средних и среднеквадратических отклонений для S наибольшие значения определены местной зимой соответственно в слоях:

- 1,6–2 и 1,7–2 км над Северным полушарием;
- 1,2–2 и 1,6–2 км над Южным полушарием;
- 1,5–2 и 1,7–2 км зимой Северного полушария над земным шаром.

Значения многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра местным летом меньше соответствующих значений в другие сезоны для каждой стандартной высоты в слоях 0,1–2 и 0–2 км над СП; 0,15–2 и 0–2 км над ЮП соответственно.

Минимальные значения многолетних среднемесячных скорости ветра определены на уровне земли для Северного полушария (3,84 м/с) и земного шара (4,48 м/с) в августе, а для Южного полушария (5,14 м/с) – в феврале. При этом минимальные значения многолетних среднеквадратических отклонений для S определены на уровне земли на месяц раньше: для Северного полушария (3,03 м/с) и земного шара (3,78 м/с) в июле, а для Южного полушария (3,92 м/с) – в январе. Это означает, что для обоих полушарий минимальные многолетние среднемесячные значения скорости ветра зафиксированы в конце местного лета, а минимальные многолетние среднеквадратические отклонения – в центральный летний месяц. Для Южного полушария минимальное многолетнее среднемесячное значение и среднеквадратическое отклонение скорости ветра на 1,3 м/с и 0,88 м/с больше, чем для Северного полушария соответственно.

Максимальные значения многолетних среднемесячных и среднеквадратических отклонений скорости ветра определены на высоте 2 км:

- в январе над Северным полушарием (8,93 и 5,79 м/с);
- в июле над Южным полушарием (9,54 и 7,02 м/с);
- в январе над земным шаром (8,56 и 5,97 м/с).

Таким образом, максимальные значения многолетних среднемесячных и среднеквадратических отклонений для скорости ветра для обоих полушарий определены в центральный месяц местной

зимы, причём для Южного полушария они на 0,61 и 1,23 м/с соответственно больше, чем для Северного полушария.

Для многолетних среднемесячных значений скорости ветра в слое атмосферы 0–2 км амплитуда внутригодовых изменений максимальна над Северным полушарием, где она составляет 5,09 м/с; над Южным полушарием она составляет 4,4 м/с, а над земным шаром – 4,08 м/с. Амплитуда внутригодовых изменений многолетних среднеквадратических отклонений для S , наоборот, максимальна над Южным полушарием, для которого она составляет 3,1 м/с, над Северным полушарием она составляет 2,76 м/с, а над земным шаром – 2,19 м/с

Заключение

На основе данных глобальных аэрологических массивов за период радиозондовых измерений 1964–2018 гг. получены новые знания о вертикальной структуре средней скорости ветра и её среднеквадратических отклонений для разного временного масштаба осреднения на стандартных высотах в слое атмосферы 0–2 км над земным шаром в целом и над Северным и Южным полушариями. Анализ полученных оценок параметров скорости ветра позволил выявить следующие особенности ветрового режима в изучаемом слое.

Для земного шара в целом, Северного и Южного полушарий видны внутригодовые изменения распределения по высоте изучаемых многолетних статистических характеристик скорости ветра, и характер этих изменений зависит от полушария.

Амплитуда внутригодовых изменений для многолетних среднемесячных значений скорости ветра в изучаемом слое атмосферы максимальна над Северным полушарием, а для среднеквадратических отклонений, наоборот, она максимальна над Южным полушарием.

Наибольшие значения многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра для обоих полушарий определены местной зимой в слоях толщиной 0,3–0,8 км с верхней границей, расположенной на высоте 2 км. Над Северным полушарием они зафиксированы в слоях 1,6–2 и 1,7–2 км, над

Южным полушарием – в слоях 1,2–2 и 1,6–2 км. Над земным шаром они определены зимой Северного полушария в слоях 1,5–2 и 1,7–2 км соответственно. Максимальные значения многолетних среднемесячных и среднеквадратических отклонений для скорости ветра для обоих полушарий определены на высоте 2 км в центральный месяц местной зимы, причём для Южного полушария они на 0,61 и 1,23 м/с соответственно больше, чем для Северного полушария.

Минимальные многолетние среднемесячные значения скорости ветра определены на уровне земли для земного шара и Северного полушария в августе, а для Южного полушария – в феврале, при этом минимальные среднеквадратические отклонения определены на месяц раньше.

Полученные новые знания могут быть полезны при климатических исследованиях, а также при геоэкономическом обосновании строительства атомных и тепловых электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О. А., Брюхань А. Ф. Пакет программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкономическом обосновании строительства АЭС и ТЭС // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 188–193.
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. Алдухов О. А., Черных И. В. Долгопериодные изменения скорости ветра в слое атмосферы 0–2 км над российской Арктикой по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 52–66.
4. Брюхань Ф. Ф., Иванов В. Н. Концептуальная схема аэрометеорологических исследований при выборе пункта и площадки атомных станций // Труды ИЭМ. 1992. Вып. 55(155). С. 3–12.
5. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчёты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 278 с.
6. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 751 с.

7. Соколов Ю. Ю. Архив срочных аэрологических данных в пограничном слое на МЛ ЕС ЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1987. Вып. 140. С. 48–55.
8. Hartmann D. L., Klein Tank A. M. G., Rusticucci M. et al. Observations: Atmosphere and Surface / In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New-York, Cambridge University Press, 2013.
9. Eskridge R. E., Alduchov O. A., Chernykh I. V. et al. A comprehensive aerological reference dataset (CARDS): Rough and systematic errors // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1995. V. 76. P. 1759–1775.
10. Руденкова Т. В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
11. 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.
12. Гандин Л. С., Каган Р. Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
13. Гордин В. А., Локтионова Е. А. О применении сплайн-аппроксимации к расчёту профилей температуры // Труды Гидрометцентра СССР. 1978. № 212. С. 56–68.
14. Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам. М.: Радио и связь, 1985. 304 с.
15. Стечкин С. Б., Субботин Ю. Н. Сплаины в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.
16. Gordin V. A. Mathematical Problem and Methods in Hydrodynamical Weather Forecasting. Amsterdam, Gordon & Breach, 2000, 842 p.
17. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. First and second-order trends of air temperature at the surface level from global radiosonde data // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 50. WCRP Report N 12/2020. Ed. E. Astakhova, July 2020, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2020), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2020. P. 2-03–2-04.
18. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. First and second-order trends of wind speed in the 0-30 km atmospheric layer from global aerological datasets // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 51. WCRP Report N 4/2021. Ed. E. Astakhova, July 2021, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2021), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2021. P. 2-05–2-06.

19. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. Spatiotemporal distributions of global trends of water vapour amount in the 0–30 km atmospheric layer // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 51. WCRP Report N 4/2021. Ed. E. Astakhova, July 2021, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2021), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2021. P. 2-03–2-04.

20. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. Trends of wind speed in low troposphere from global radiosonde data // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling (WGNE Blue Book 2019), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2019. P. 2-03–2-04.

21. Chernykh I. V., Aldukhov O. A. Spatiotemporal distributions of global trends of humidity and temperature in the low troposphere // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 50. WCRP Report N 12/2020. Ed. E. Astakhova, July 2020, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2020), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2020. P. 2-07–2-08.

22. Черных И. В., Алдухов О. А. Тренды температуры и влажности в нижнем двухкилометровом слое атмосферы над российской Арктикой по данным радиозондирования // Метеорология и гидрология. 2020. № 9. С. 17–26.

23. Aldukhov O. A., Eskridge R. E. Complex Quality Control of Upper Air Parameters at Mandatory and Significant Levels for the CARDS Dataset. Asheville, NC, National Climatic Data Center Report, 1996, 151 p.

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

25. 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.

УДК 551.465.7

ЭЛЬ НИНЬО – ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Н. А. Вязилова

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

Введение

Явление Эль Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) представляет самый большой и наиболее важный сигнал в межгодовой климатической изменчивости, наблюдается регулярно, каждые 2–7 лет, последствия ЭНЮК проявляются в виде значимых климатических аномалий в различных районах земного шара. Термин «Южное колебание» ввёл Уокер [1] в начале 20-х гг. XX века. Под ним понимают колебания масс воздуха субтропической зоны Южного полушария между Тихим и Индийским океанами с характерным временем в несколько лет. При росте атмосферного давления в центральной и восточной частях тропической зоны Тихого океана наблюдается падение давления в тропических районах Индийского океана, а также в районах Индонезии и Австралии (положительная фаза колебания). Обратная картина в поле приземного давления наблюдается при развитии отрицательной фазы Южного колебания.

Термин «Эль Ниньо (El Nino)» сначала применялся к положительным аномалиям температуры поверхности океана, появляющимся в Тихом океане вдоль восточного побережья Южной Америки в декабре в конце года. В начале 80-х гг. XX века Рассмусон и Карпентер на основе приземных морских наблюдений, спутниковых и станционных данных приземного давления и осадков за период с 1950 по 1975 год описали изменения ТПО и приземного ветра над тропическим регионом Тихого океана, наблюдающиеся в период развития Эль Ниньо. Рассмусеном и Карпентером [2] была построена обобщённая схема эволюции

явления, получившая название канонического Эль Ниньо. Исследование проведено для шести тёплых эпизодов, наблюдавшихся вдоль побережья Перу, выделенных в ряду наблюдений на основе индекса приземного давления – индекса Южного колебания (SOI). Ключевой особенностью развития тёплых эпизодов в исследуемый период, как подчёркивали Рассмусон и Карпентер, является довольно постоянная эволюция явления от одного сезона к другому. Согласно данному исследованию тёплые эпизоды канонического Эль Ниньо обычно продолжаются от 12 до 18 месяцев, вслед за которыми начинается холодный период. Анализ композитных аномалий показал, что широкомасштабное потепление в экваториальном регионе Тихого океана, начинаясь в августе, достигало максимального развития к концу года и сопровождалось формированием аномальной зоны конвергенции и появлением аномальных западных ветров в западной части Тихого океана. Исследование показало, что за несколько месяцев до наступления тёплой фазы у берегов Южной Америки к западу от линии смены дат резко усиливаются восточные ветры. Исследование Рассмусона и Карпентера содержало ограниченную информацию о приземном давлении и аномалиях осадков, наблюдавшихся в период тёплых эпизодов. Их анализ давления опирался на станционные островные данные в юго-восточной части Тихого океана и на станции Дарвин в Австралии.

В последствии термином Эль Ниньо начали обозначать как интенсивные положительные аномалии ТПО, развивающиеся вдоль побережья Южной Америки, так и широкомасштабные тёплые аномалии ТПО в экваториальном регионе Тихого океана к востоку от линии смены дат. Термином Ла Нинья называли как появление отрицательных аномалий ТПО вдоль западного побережья Южной Америки, так и развитие полосы относительно холодных вод от побережья Южной Америки почти до середины Тихого океана – «экваториального холодного языка».

Концепция совместного рассмотрения Южного колебания и Эль Ниньо как одного явления «ЭНЮК» в климатической системе океан – атмосфера впервые была предложена в работах Бьёркнеса [3]. Многочисленные исследования показывают, что аномалии

ТПО в экваториальном районе Тихого океана действительно взаимосвязаны с аномалиями в поле приземного давления: положительной фазе Южного колебания соответствуют отрицательные аномалии ТПО (или Эль Ниньо), отрицательной фазе Южного колебания – положительные аномалии ТПО (Ла Нинья). Эль Ниньо и Ла Нинья фактически являются противоположными фазами ЭНЮК: Эль Ниньо считается тёплой, а Ла Нинья – холодной фазой ЭНЮК.

Важно отметить, что по происхождению термины Эль Ниньо и Ла Нинья относятся к аномалиям ТПО, однако в исследованиях ЭНЮК, то есть климатических аномалий в системе океан – атмосфера, под названием Эль Ниньо и Ла Нинья понимают не просто аномалии температуры поверхности в экваториальном районе Тихого океана, но и соответствующие аномалии циркуляции атмосферы и осадков в данном регионе.

Индекс Южного колебания

Со времён Уокера предложено несколько индексов в качестве характеристики Южного колебания [4, 5]. Обычно в них учитывается давление на уровне моря одной станции или комбинация нескольких станций, расположенных в западной и восточной частях Тихого океана. Одним из наиболее обоснованных является индекс, основанный на использовании значений атмосферного давления на станциях Таити и Дарвин, так как они расположены вблизи противоположных по знаку центров действия Южного колебания.

В настоящее время наиболее употребительны значения индекса SOI, используемые в практике Центра климатических прогнозов США и публикуемые в Бюллетене по диагнозу климата [6]. Индекс SOI представляет нормализованную разность климатических норм аномалий атмосферного давления на уровне моря на станциях Дарвин и Таити. В настоящее время аномалии атмосферного давления вычисляются относительно климатических средних значений за период 1981–2020 гг. На сайте Климатического центра США среднемесячные значения SOI доступны с 1951 года по настоящее время с опозданием на 2–3 месяца: (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>) . В работах Н.С. Сидоренкова [4, 7] приведён

непрерывный и однородный ряд средних месячных значений индекса SOI, вычисленных по описанной выше методике, за период с 1935 по 2001 год. Наблюдения на станциях Таити и Дарвин велись и ранее, однако долгое время эти данные были не доступны. В результате усилий учёных различных стран удалось восстановить непрерывные ряды наблюдений по этим станциям с 1866 года [7, 8, 9].

Индексы Эль Ниньо и Ла Нинья

Поскольку Эль Ниньо и Ла Нинья – это, прежде всего, явления в поле температуры воды в экваториальной части Тихого океана, важнейшим вопросом исследования ЭНЮК является изучение структуры аномалий ТПО и обоснование критериев выделения событий Эль Ниньо и Ла Нинья на основе этих аномалий. Несмотря на то, что между температурой поверхности в экваториальной части Тихого океана и индексом приземного давления (SOI) наблюдается тесная связь, коэффициент корреляции не равен единице, и при определении времени наступления событий ЭНЮК по данным индекса SOI возможны неточности.

При использования данных о температуре поверхности океана (ТПО) для идентификации ЭНЮК важно выбрать репрезентативные районы и отработать методику расчёта и использования индексов. До 1996 года наиболее распространённым являлся расчёт индексов ТПО для трёх экваториальных районов (рис. 1) Тихого океана [6]:

Nino 1+2 (90° з.д. – 80° з.д., 10° ю.ш. – 0° ю.ш.),

Nino 3 (90° з.д. – 150° з.д., 5° ю.ш. – 5° с.ш.),

Nino 4 (160° в.д. – 150° з.д., 5° ю.ш. – 5° с.ш.).

Однако в ряде исследований было показано, что ключевая область взаимодействия системы океан – атмосфера, связанная с ЭНЮК, находится западнее района Nino 3, и в апреле 1996 года к существующим районам расчёта индексов по данным ТПО был добавлен новый экваториальный район Nino 3-4 (5° с.ш. – 5° ю.ш.; 120° з.д. – 170° з.д.). Этот участок Тихого океана учёные называют «экваториальным холодным языком», так как полоса относительно холодных вод в период Ла Нинья тянется от побережья Южной Америки почти до середины Тихого океана. Отклонения от

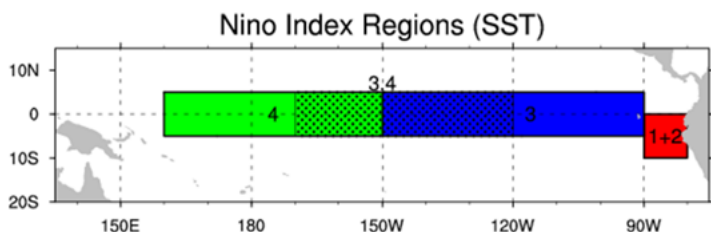


Рис. 1. Районы расчёта индексов ЭНЮК по значениям температуры поверхности океана (рисунок с сайта NCAR/Climate Data Guide)

средней температуры поверхности океана в этом районе чреваты изменениями режима осадков в тропической и экваториальной зоне, изменениями температуры и осадков по всей планете. В настоящее время среднемесячные аномалии ТПО в экваториальных районах Тихого океана Nino 1+2, Nino 3, Nino 4, Nino 3-4 регулярно публикуются на сайте Климатического центра США : <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>.

В настоящее время среднемесячные аномалии ТПО рассчитываются относительно базового периода 1991–2020 гг. по данным архива OISST за период с января 1982 года по настоящее время, а также по данным архива ERSSTv5 за период с января 1950 года.

Методика идентификации событий ЭНЮК

Важнейшим вопросом изучения ЭНЮК является методика идентификации начала, продолжительности и конца событий. Этот вопрос наиболее актуален в исследованиях, основанных на композиционном методе сопоставления характеристик типовых выборок лет с Эль Ниньо и Ла Нинья. До сих пор для определения хронологии событий ЭНЮК разными авторами используются разные данные, методы и критерии (пороговые значения). Как было отмечено в предыдущих параграфах, для идентификации ЭНЮК используются в основном или индекс приземного давления SOI, или индексы температуры поверхности в экваториальном районе Тихого океана. Иногда эти индексы используются совместно.

Идентификация ЭНЮК по индексу SOI. При определении фазы ЭНЮК по индексу SOI наиболее часто применяется критерий, предложенный Ропелевски и Халпертом [10]. Согласно

этому критерию, развитие ЭНЮК фиксируется в случае, если в течение пяти и более месяцев 5-месячные скользящие средние значения индекса SOI по модулю превышают $0,5 \sigma$ (отрицательные значения индекса SOI соответствуют тёплому эпизоду ЭНЮК, положительные – холодному). Как было отмечено выше, индекс SOI равен нормализованной разности среднемесячных аномалий атмосферного давления на станциях Таити и Дарвин.

Идентификация ЭНЮК по аномалиям ТПО в экваториальной зоне Тихого океана. Из российских исследований следует отметить работу М. А. Петросянца и Д. Ю. Гушиной [11], в которой хронология событий Эль Ниньо и Ла Нинья представлена за период с 1948 по 1997 год и получена на основе анализа среднемесячных аномалий ТПО, вычисленных для района Nino 3 по данным реанализа NCEP/NCAR. Согласно методике, предложенной в указанной работе, за начало Эль Ниньо следует считать месяц, когда аномалии температуры поверхности океана в области Nino 3 достигают значений $\geq 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а за начало Ла Нинья – месяц, когда аномалии ТПО в этой области $\leq 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, причём величина аномалий ($\geq 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\leq 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) сохраняется после указанного месяца не менее трёх месяцев подряд. Продолжительность события Эль Ниньо и Ла Нинья определялась по числу месяцев, в которые аномалии ТПО превосходят указанные пороговые значения. В случаях, когда два периода с аномалиями ТПО, удовлетворяющими указанным пороговым значениям, были разделены двумя, максимум тремя месяцами, для которых аномалии ТПО меньше пороговых значений, вычислялось среднее значение аномалий ТПО за эти два периода, включая и промежуточные месяцы. Если полученное среднее значение аномалии ТПО превышало пороговое значение и удовлетворяло условиям отнесения их к событиям Эль Ниньо или Ла Нинья, то этот случай считался как одно событие (Эль Ниньо или Ла Нинья) со средней аномалией ТПО и общей продолжительностью события. Если же общее среднее значение аномалии ТПО не удовлетворяло пороговому значению, то эти два события учитывались как отдельные, самостоятельные случаи (Эль Ниньо или Ла Нинья). В результате анализа за период с 1948 по 1997 год авторами было выделено 13 событий Эль Ниньо и 17 событий Ла Нинья.

Методика, разработанная М.А. Петросянцем, была использована в работах Н.А. Вязиловой [12], в которых идентификация событий Эль Ниньо и Ла Нинья осуществлялась также на основе среднемесячных аномалий температуры поверхности в экваториальном районе Тихого океана Nino 3 ($[90^\circ \text{ з.д.} - 150^\circ \text{ з.д.}, 5^\circ \text{ ю.ш.} - 5^\circ \text{ с.ш.}]$). Однако в этих исследованиях, в отличие от работы Петросянца и Гущиной [11], для расчёта индекса ЭНЮК использовались среднемесячные аномалии ТПО, вычисленные по данным COADS (архив ERSSTv2 [13]) относительно базового периода 1971–2000 гг. и опубликованные на сайте Климатического центра США. Для исследования было отобрано 14 случаев с Эль Ниньо и 17 случаев с Ла Нинья за период с 1950 по 2003 год.

Н.С. Сидоренков [7] предложил идентифицировать ЭНЮК не только по индексу приземного давления (SOI), но и индексу температуры поверхности океана в районе Nino 3. Базовыми периодами для расчёта аномалий в указанной работе использовались 1951–1980 гг. для атмосферного давления и 1971–2000 гг. для температуры поверхности океана. Согласно предложениям Сидоренкова, Эль Ниньо – это тёплая фаза явления ENSO, которое характеризуется длительными (более 6 месяцев) отрицательными значениями индекса Южного колебания ($\text{SOI} < -1$) и положительными значениями температуры поверхности океана ($\text{Nino } 3 > +0,5^\circ \text{C}$). Ла Нинья – это холодная фаза явления ENSO, которое характеризуется длительными (более 6 месяцев) положительными значениями индекса Южного колебания ($\text{SOI} > +1$) и отрицательными значениями температуры поверхности океана ($\text{Nino } 3 < -0,5^\circ \text{C}$). В зарубежных исследованиях до недавнего времени часто использовалась хронология Тренберта [14], в которой события Эль Ниньо и Ла Нинья определены на основе индексов аномалий ТПО не только в районе Nino 3, но и в районе Nino 3-4. Значения индексов вычислялись как скользящие 5-месячные средние аномалии ТПО. Аномалии ТПО рассчитывались Тренбертом по данным NOAA относительно базового периода 1950–1979 гг. Согласно методике Тренберта, событие ЭНЮК (Эль Ниньо и Ла Нинья) считалось осуществившимся, если скользящие 5-месячные средние аномалии ТПО в районе

Nino 3 превышают $0,5^{\circ}\text{C}$, а в районе Nino 3-4 – $0,4^{\circ}\text{C}$ не менее шести месяцев подряд (положительные в случае Эль Ниньо и отрицательные в случае Ла Нинья). Для определения характера и интенсивности каждого явления Эль Ниньо и Ла Нинья Тренберт и Степаньяк [15] предложили рассчитывать Транс-Ниньо индекс (Trans-Niño Index – TNI) и использовать его в комбинации с индексом Ниньо 3-4. Транс-Ниньо индекс рассчитывается как разность нормализованных аномалий температуры поверхности океана в районах Ниньо 1+2 и Ниньо 4. Таким образом, индекс TNI представляет градиент ТПО между двумя экваториальными районами Тихого океана. Высокие положительные значения градиента, обусловленные положительными аномалиями ТПО в районе Ниньо 4 и отрицательными аномалиями в районе Ниньо 1+2, позволяют идентифицировать развитие Эль Ниньо в центральной экваториальной части Тихого океана.

В настоящее время для идентификации явлений Эль Ниньо и Ла Нинья в основном используется океанический индекс ЭНЮК (Oceanic Nino Index – ONI), который рассчитывается как скользящее среднее за три месяца отклонение температуры поверхности океана от нормы в экваториальной части Тихого океана, в районе Ниньо 3-4, с координатами : 120° – 170° з.д., 5° с.ш. – 5° ю.ш. (рис. 2а). На сайте Климатического Центра США представлена таблица значений океанического индекса ЭНЮК, вычисленного по данным архива данных ТПО ERSST.v5 SST.

Важно отметить, что 23 февраля 2005 года Национальная администрация США по исследованию атмосферы и океана (NOAA) заявила, что Национальные службы погоды стран Северной Америки (Канады, Мексики и США), испытывающих значительное влияние ЭНЮК, для координации действий в целях мониторинга и прогноза ЭНЮК пришли к соглашению относительно определения явления ЭНЮК. С начала действия этого соглашения приняты следующие определения для индекса ЭНЮК, а также его тёплой (Эль Ниньо) и холодной (Ла Нинья) фаз, основанные на значениях океанического индекса:

Эль Ниньо – явление в экваториальной части Тихого океана (в районе Ниньо 3-4), характеризующееся положительным средним

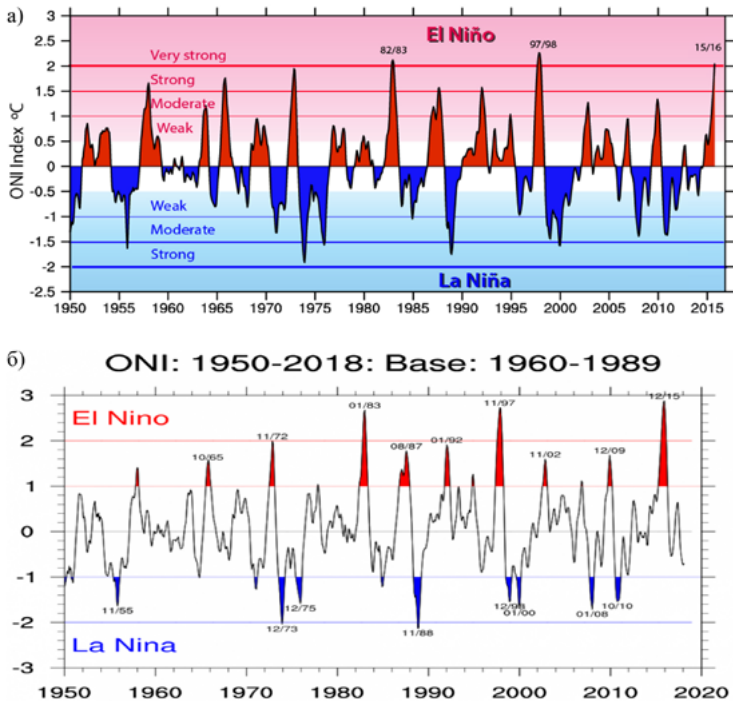


Рис. 2. Идентификация умеренных и интенсивных явлений Эль Ниньо и Ла Нинья за период с 1950 по 2020 год по значениям Океанического индекса ЭНЮК. Графики заимствованы с сайта NCAR/Climate Data Guide (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>).

отклонением температуры поверхности океана от нормы на $0,5^{\circ}\text{C}$ и более в течение пяти последовательных месяцев.

Ла Нинья – явление в экваториальной части Тихого океана (в районе Ниньо 3-4), характеризующееся отрицательным средним отклонением температуры поверхности океана от многолетнего значения на $0,5^{\circ}\text{C}$ и более в течение пяти последовательных месяцев.

В качестве нормы в настоящее время принимается среднее многолетнее значение температуры поверхности океана за месяц, вычисленное за период 1991–2020 гг. На рис. 2 представлены графики межгодовой изменчивости значений Океанического индекса с выделением периодов умеренных и интенсивных

Эль Ниньо и Ла Нинья, заимствованные с сайта NCAR/Climate Data Guide (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walker G. T. Correlation in seasonal variations of weather, IX: A further study of world weather (World Weather II) // *Memoirs India Meteorol. Dept.*, 1924. V. 24. P. 275–332.
2. Rasmusson E. M., Carpenter T. H. Variations in Tropical Sea Surface Temperatures and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation / El-Nino // *Mon. Wea. Rev.* 1982. V. 110. P. 354–384.
3. Bjerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific // *Mon. Wea. Rev.* 1969. V. 97. P. 163–172.
4. Сидоренков Н. С. Характеристики явления Южное Колебание – Эль Ниньо // *Труды Гидрометцентра СССР*. 1991. Вып. 316. С. 31–44.
5. Ropelewski C. F., Jones P. D. An Extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index // *Mon. Wea. Rev.* 1987. V. 115. P. 2161–2165.
6. Bell G. D., Halpert M. S., Ropelewski C. F., Kousky V. E., Douglas A. V., Schnell R. C., Gelman M. E. Climate Assessment for 1998 // *Bull. Amer. Met. Soc.* 1999. V. 80. N 5.
7. Сидоренков Н. С. Атмосферные процессы и вращение земли. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 366 с.
8. Allan R. J., Nicholls N., Jones P. D., Butterworth I. J. A Further Extension of the Tahiti-Darwin SOI, Early ENSO and Darwin Pressure // *J. Climate*. 1991. V. 4. P. 743–749.
9. Ropelewski C. F., Halpert M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El-Nino/ Souther oscillation // *Mon. Wea. Rev.* 1987. V. 115. P. 1606–1626.
10. Ropelewski C. F., Halpert M. S. Quantifying Southern Oscillation – precipitation relationships // *J. Climate*. 1996. V. 9. P. 1043–1059.
11. Петросянц М. А., Гущина Д. Ю. Об определении явлений Эль Ниньо и Ла Нинья // *Метеорология и гидрология*. 2002. № 8. С. 24–35.
12. Вязилова Н. А. О сценарии развития аномалий в системе океан-атмосфера в тропиках Индийского и Тихого океанов в годы с ЭНЮК // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 8. С. 19–32.
13. Smith T. M., Reynolds R. W. 2004: Improved Extended Reconstruction of SST (1854–1997) // *J. Climate*. V. 17. P. 2466–2477.
14. Trenberth K. E. The Definition of El Nino // *Bull. Amer. Met. Soc.* 1997. V. 78. N 12. P. 2771–2777.
15. Trenberth K. E., Stepaniak D. P. Indices of El Nino Evolution // *J. Climate*. 2001. V. 14. P. 1697–1701.

УДК 551.465.7

О ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ В ЗИМНИЙ СЕЗОН ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗОВ ERA-5 И NCEP/DOE

Н. А. Вязилова¹, А. Е. Вязилов²

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

² ФГБУ «Научно-производственное объединение ТИФУН»,
vyazilov@typhoon.obninsk.ru

Введение

Внетропические циклоны, выходящие с акватории Северной Атлантики, а также из районов северных европейских морей и Средиземного моря, оказывают значительное влияние на погоду и климат европейской территории России. Следует отличать понятие циклон как единичный центр низкого давления, идентифицированный в точке поля, и циклон как траекторию, имеющий несколько центров за историю жизни. Современные методы идентификации циклонов включают два этапа: идентификацию центров циклонов и расчёт траекторий смещения циклонов. Методы автоматической идентификации циклонов базируются на использовании данных в узлах сетки, данных различных реанализов. Исследования внетропических циклонов отличаются как методами идентификации центров циклонов и расчёта траекторий циклонов, так и данными, использованными для этих расчётов. Различия в методах идентификации и использовании различных исходных данных приводят к различиям в статистических оценках циклонической активности в различных районах земного шара, в том числе и в регионе Северной Атлантики [1, 2]. Целью настоящей работы является сравнение межгодовой изменчивости характеристик циклонической активности в различных районах Северной Атлантики и Европы, рассчитанных по данным двух реанализов, NCEP/DOE [3] и ERA-5/ECMWF [4] для зимней половины

года за период с 1979 по 2020 год. Сравнение представлено для количества траекторий циклонов, генерируемых в различных районах исследуемого региона, а также для количества идентифицированных центров циклонов и индекса циклонической активности, рассчитанных для отдельных районов региона.

1. Данные и метод исследования

В настоящей работе центры циклонов и траектории их смещения рассчитаны на основе метода автоматической идентификации по 6-часовым данным атмосферного давления на уровне моря (MSLP) в узлах сетки с шагом $2,5^\circ$ реанализа-2 NCEP/DOE и $1,25^\circ$ – реанализа ERA-5/ECMWF [4].

Для идентификации центров циклонов использовался метод, применённый в предыдущих работах авторов [5]. Суть такого метода состоит в проверке данных давления в узлах регулярной сетки (в регионе исследования) в каждый срок наблюдения на выполнение ряда условий: 1) значение давления в точке (предполагаемом центре циклона) должно быть меньше по сравнению с окружающими восемью точками; 2) минимальное значение осреднённого градиента давления между центром и окружающими восемью точками должно быть не меньше $0,15$ гПа на 100 км; 3) градиент давления между каждой из восьми точек и ближайшими внешними точками должен быть отрицательным. В случае выполнения таких условий для какого-либо узла с координатами (i, j) идентифицируется циклон с центром в данном узле. Следует отметить, что расстояние между предполагаемым центром циклона и окружающими точками определяется шагом сетки: в случае использования данных реанализа NCEP/DOE – это $2,5^\circ$, в случае данных ERA-5/ECMWF – это $1,25^\circ$. В первом варианте исследования, чтобы уменьшить влияние разности масштабов сеток данных, при идентификации центров циклонов по данным ERA5/ECMWF в качестве «окружающих восьми точек» выбирались точки на расстоянии $2,5^\circ$, то есть так же, как и в случае данных реанализа NCEP/DOE. Расстояние между этими выбранными точками и «ближайшими внешними точками» также бралось не менее $2,5^\circ$. Во втором варианте при сравнении циклонических характеристик, рассчитанных по данным одного

реанализа ERA5/ECMWF, необходимые условия идентификации выполнялись на основе реального шага сетки в $1,25^\circ$. Для идентификации в один и тот же срок наблюдения центров циклонов, принадлежащих потенциально к разным траекториям, используется дополнительное условие необходимого минимального расстояния между этими потенциальными центрами. Согласно выводам целого ряда исследований пространственной структуры циклонов, в том числе работы [1], средний размер радиуса вне-тропических атлантических циклонов составляет около 600 км, над акваторией океана значение радиуса может быть больше этой средней величины, над континентом – меньше. С учётом предполагаемого среднего радиуса циклонов минимальное расстояние между центрами разных циклонов в настоящей работе принято равным 1200 км.

Алгоритм вычисления траекторий циклонов включает также процедуру 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, максимальная скорость перемещения циклонов в Северной Атлантике не превышает 100 км/час, поэтому можно предположить, что за 6 часов (время между сроками наблюдения) существующий циклон может сместиться максимально на 600 км. Именно это расстояние в качестве критического используется в работе [5], а также принято и в данном исследовании.

После идентификации центров циклонов в каждый срок наблюдения и расчёта траекторий для каждого календарного месяца

определяются: 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. Для анализа отбирались траектории циклонов с длиной жизни от 12 часов и более.

Для анализа и сравнения циклонической активности в различных районах Северной Атлантики и Европы в исследуемом регионе было выделено восемь районов (рис. 1): два района в акватории Северной Атлантики (AN и AS), два района в субполярном регионе (APW, APE), два района в Северной Европе (EW, EE), два района в Средиземноморском регионе – MW и ME.

Для каждого выделенного района для зимней половины календарного года с октября по март были рассчитаны плотность генезиса циклонов, количество центров циклонов и индекс циклонической активности. Плотность генезиса циклонов представляет количество траекторий циклонов, генерируемых в выбранном районе за сезон. Количество центров циклонов и индекс циклонической активности в каждом выбранном районе

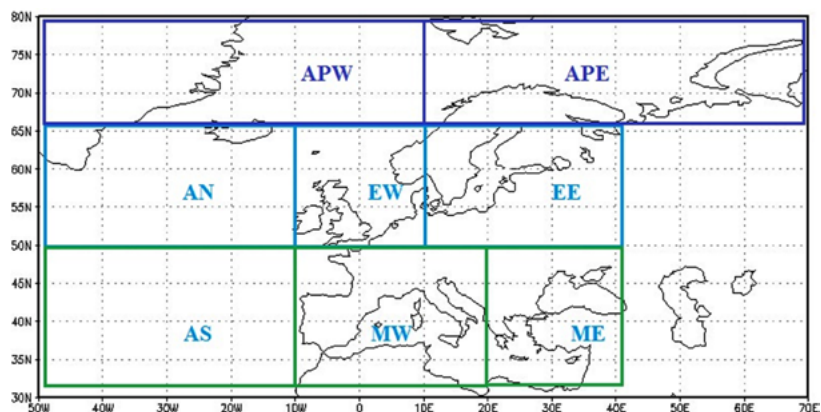


Рис. 1. Выделенные районы Северной Атлантики и Европы для расчёта интегральных характеристик циклонической активности

региона исследования рассчитывались как сумма всех идентифицированных в данном районе центров циклонов за сезон и сумма аномалий атмосферного давления в этих центрах. Характеристики циклонической активности рассчитывались как для всей группы циклонов, так и отдельно для группы интенсивных циклонов с давлением в центре от 980 гПа и менее.

2. О межгодовой изменчивости циклонической активности

Количество внетропических циклонов по районам генезиса.

На рис. 2 представлено распределение по районам генезиса суммарного за весь период исследования количества траекторий циклонов в зимнюю половину года, полученного по данным разных реанализов и с использованием различных методик идентификации циклонов.

Сравнение показывает, что в зимнюю половину года во всех районах, кроме восточной части Средиземноморского региона (ME), максимальное количество траекторий циклонов выявлено по данным реанализа ERA-5, с использованием второй модификации. Максимальное количество циклонов по обоим реанализам генерируется в умеренных широтах Северной Атлантики,

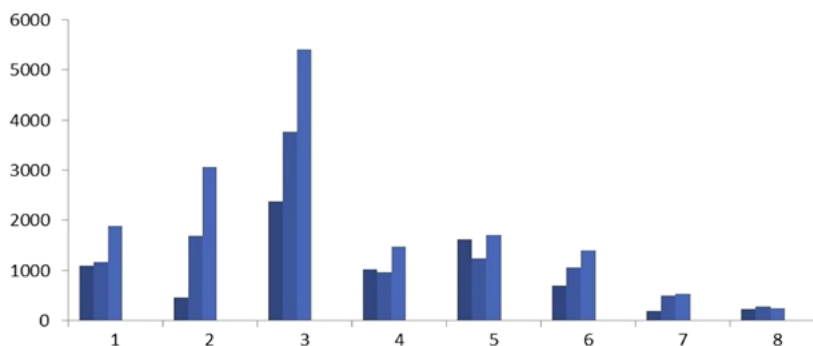


Рис. 2. Количество траекторий циклонов по районам генезиса в зимнюю половину года, суммарное за период с 1979 по 2020 год, по данным разных реанализов. Районы генезиса: 1 – APW, 2 – APE, 3 – AN, 4 – EW, 5 – EE, 6 – AS, 7 – MW, 8 – ME. Цвет столбцов диаграммы: реанализ NCEP/DOE – тёмный, ERA-5/ECMFW, версия 1 – средней интенсивности, ERA-5/ECMFW, версия 2 – светлый.

что не удивительно, так как в этом регионе находится район Исландского минимума, известный активным циклогенезом [2, 5, 6]. Многие циклоны, генерируемые в данном регионе, а также регенерируемые из циклонов, пришедших из южной и юго-западной части Северной Атлантики, движутся в восточном и северо-восточном направлении. Часть из них выходит на территорию Европы. В этом же районе, а также в районе Баренцева моря наблюдаются и максимальные отличия между реанализами. Если по данным реанализа NCEP/DOE в районе Баренцева моря в зимнюю половину года в среднем генерируются около 11 циклонов (см. табл., район APE), то по данным реанализа ERA-5 и использования второй версии идентификации циклонов – больше 70.

Таблица

Распределение по районам генезиса среднего количества генерируемых циклонов в зимнюю половину года за период с 1979/01 по 2020/12 гг.

Районы генезиса	NCEP/DOE	ERA-5/1	ERA-5/2
APW [65° с.ш. – 80° с.ш., 50° з.д. – 10° в.д.]	26,2	27,9	45,1
APE [65° с.ш. – 80° с.ш., 10° в.д. – 70° в.д.]	11,1	40,4	73,0
AN [50° с.ш. – 65° с.ш., 50° з.д. – 10° з.д.]	56,5	89,6	128,6
EW [50° с.ш. – 65° с.ш., 10° з.д. – 10° в.д.]	24,2	23,1	35,1
EE [50° с.ш. – 65° с.ш., 10° в.д. – 42° в.д.]	38,6	29,4	40,9
AS [32° с.ш. – 50° с.ш., 50° з.д. – 10° з.д.]	16,9	25,4	33,5
MW [32° с.ш. – 50° с.ш., 10° з.д. – 20° в.д.]	4,7	11,8	12,7
ME [32° с.ш. – 50° с.ш., 20° в.д. – 42° в.д.]	5,7	6,6	6,0

Анализ межгодовой изменчивости таких характеристик циклонической активности, как количество центров циклонов и индекс циклонической активности в выделенных районах, также показал существенное отличие между реанализами.

Количество центров циклонов. Практически во всех исследуемых районах больше всего циклонов идентифицируется по данным реанализа ERA-5 с использованием второй версии расчётов. Максимальное количество центров циклонов в зимнюю половину года выявляется в умеренных широтах акватории Северной Атлантики, в районе Исландского минимума (рис. 3а). В этом же районе наблюдаются значительные различия в количестве циклонов, как

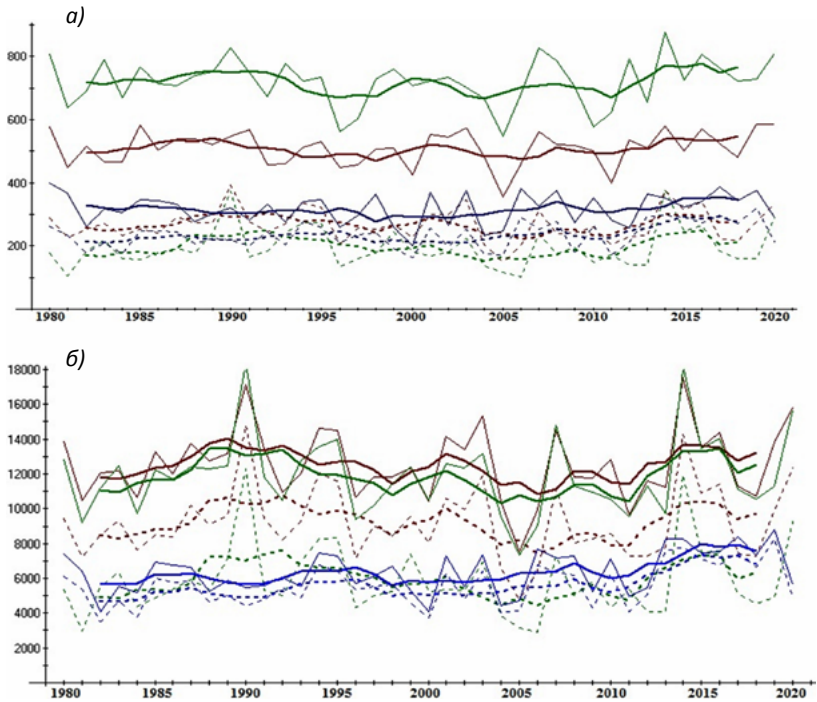


Рис. 3. Количество центров циклонов (а) и индекс циклонической активности (б). Район Исландского минимума (на карте район АН). Зимняя половина года. Цвет линий: реанализ NCEP/DOE – синий, реанализ ERA-5/ECMWF, версия 1 – коричневый, версия 2 – зелёный. Сплошная линия – все циклоны, точки – глубокие циклоны. Жирная линия – скользящие средние за пять лет.

между реанализами, так и между версиями одного реанализа ERA-5. Первая версия идентификации циклонов по данным ERA-5 в районе Исландского минимума позволяет получить в среднем за сезон около 400 выявленных центров циклонов, вторая версия – уже от 400 до 650 центров циклонов, что существенно больше по сравнению с первой версией расчётов, и практически в два раза больше по сравнению с реанализом NCEP/DOE.

Значительные различия в количестве идентифицированных центров циклонов наблюдаются также в восточной части субполярного региона, в районе Баренцева моря (рис. 4а).

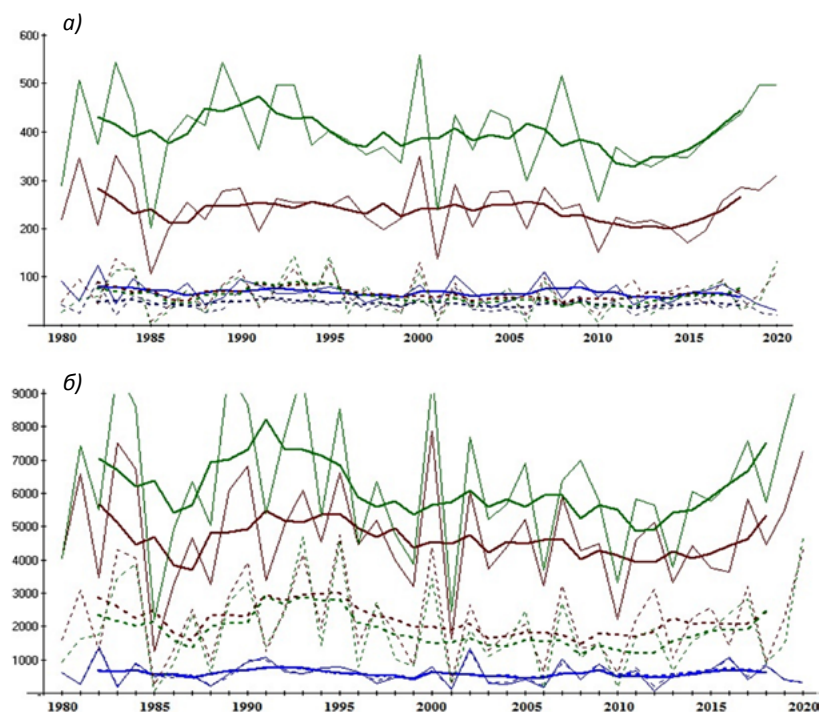


Рис. 4. Количество центров циклонов (а) и индекс циклонической активности (б). Район Баренцева моря (на карте – район АРЕ). Зимняя половина года. Цвет линий: реанализ NCEP/DOE – синий, реанализ ERA-5/ECMWF, версия 1 – коричневый, версия 2 – зелёный. Сплошная линия – все циклоны, точки – глубокие циклоны. Жирная линия – скользящие средние за пять лет.

Использование первой версии идентификации циклонов по данным ERA-5 даёт в среднем около 200 центров циклонов за зимний сезон, использование второй – около 400 центров, что в четыре раза больше по сравнению с реанализом NCEP/DOE. Значительное увеличение центров циклонов по данным реанализа ERA-5 с использованием второй версии расчётов связано с возможностью данного метода идентифицировать циклоны меньшего горизонтального размера (радиуса) по сравнению с первой версией. Можно предположить, что циклоны с горизонтальным радиусом от 400 км, идентифицируемые второй версией, могут

составлять значительную часть от общего количества циклонов, выявляемых в районе Баренцева моря.

Доля глубоких циклонов с давлением от 980 гПа в общем количестве идентифицированных центров циклонов в районе Исландского минимума больше по данным ERA-5/ECMWF с использованием первой версии расчётов, ориентированной на идентификацию циклонов большего размера, в отличие от второй версии. В районе Баренцева моря разные версии идентификации циклонов по данным ERA-5/ECMWF дают сравнительно одинаковое количество глубоких циклонов, которое существенно больше по сравнению с реанализом NCEP/DOE.

Индекс циклонической активности. Значения индекса циклонической активности, как в районе Исландского минимума, так и в районе Баренцева моря, рассчитанные по данным реанализа ERA-5, оказались значительно выше по сравнению со значениями индекса, полученными по данным реанализа NCEP/DOE: в районе Исландского минимума – в среднем в два раза, в районе Баренцева моря – более чем в четыре раза.

В районе Исландского минимума максимальные значения индекса циклонической активности получены при использовании первой версии идентификации циклонов по данным ERA-5, что может быть связано с более высоким количеством глубоких циклонов, идентифицированных с использованием этой версии расчётов, и соответствующим более высоким вкладом глубоких циклонов в интегральную циклоническую активность (рис. 3б). В районе Баренцева моря при сравнительно одинаковом количестве глубоких циклонов, полученном по данным обоих реанализов, более высокие значения индекса циклонической активности по данным ERA-5 для каждого зимнего сезона даёт вторая версия идентификации циклонов (рис. 4б). Весомый вклад в величину интегральной циклонической активности в данном районе исследования, рассчитанной по данным ERA-5, в отличие от реанализа NCEP/DOE, вносят также умеренные циклоны.

О тенденции межгодовой изменчивости циклонической активности. Анализ скользящих средних, рассчитанных для анализируемых параметров за каждые пять лет, показывают

согласованность между тенденцией межгодовой изменчивости количества циклонов и изменчивостью индекса циклонической активности в районах исследования (рис. 3, 4). Однако периоды усиления и ослабления в тенденции изменчивости индекса циклонической активности выделяются более явно по сравнению с изменчивостью количества циклонов. Важно отметить, что межгодовая изменчивость и тенденция изменчивости интегрального индекса циклонической активности в регионе исследования обусловлены в значительной степени межгодовой изменчивостью количества и интенсивности глубоких циклонов.

Полученный вывод позволяет выделить индекс циклонической активности, и особенно индекс активности глубоких циклонов, рассчитываемый как сумма аномалий атмосферного давления в центрах циклонов, в качестве более информативного параметра, характеризующего интенсивность циклонической деятельности в исследуемом регионе, по сравнению с таким параметром, как количество центров циклонов.

О взаимосвязи характеристик циклонической активности.

Анализ взаимосвязи между количеством центров циклонов и индексом циклонической активности, рассчитанными по разным реанализам (NCEP/DOE и ERA-5), не показал значимых коэффициентов корреляции при использовании ежегодных значений параметров, но продемонстрировал увеличение значений этих коэффициентов в районах Исландского минимума и Баренцева моря до значимых величин в случае использования скользящих средних: до 0,56 и 0,43 для количества центров циклонов и до 0,45 и 0,72 в случае индекса циклонической активности соответственно. Указанные значения коэффициентов линейной корреляции получены при уровне значимости 0,001 (0,56 и 0,72) или 0,01 (0,43 и 0,45).

Изменчивость характеристик циклонической активности, рассчитанная по данным ERA-5, с использованием второй версии идентификации циклонов, как в районе Исландского минимума, так и в районе Баренцева моря, хорошо согласуется с изменчивостью, полученной с использованием первой версии расчётов циклонов для зимней половины года. Значения коэффициентов

корреляции для района Исландского минимума и Баренцева моря равны соответственно 0,80 и 0,86 для количества центров циклонов и 0,94 и 0,92 – для индекса циклонической активности. Это означает, что при использовании фактически одного метода и данных одного реанализа изменение условий идентификации центров циклонов определяет различия в ежегодных значениях характеристик циклонической активности, но не меняет тенденцию межгодовой изменчивости этих характеристик.

Заключение

Сравнение характеристик циклонической активности, полученных одним методом, но с использованием разных реанализов, демонстрирует зависимость этих характеристик от выбора данных, которые отличаются исходной численной моделью, шагом сетки.

Использование данных реанализа ERA-5 и второй версии методики идентификации центров циклонов, ориентированной на шаг сетки, в два раза меньший по сравнению с шагом сетки реанализа NCEP/DOE, даёт наиболее высокое количество генерируемых траекторий циклонов практически во всех выделенных районах генезиса в зимнюю половину года. Максимальное количество траекторий циклонов генерируется в регионе умеренных широт Северной Атлантики, районе Исландского минимума, а также в восточной части субполярных широт, в районе Баренцева моря. В этих же районах использование второй версии идентификации центров циклонов по данным реанализа ERA-5 даёт значительно более высокое количество центров циклонов и более высокие значения индекса циклонической активности в каждый зимний сезон по сравнению с первой версией и реанализом NCEP/DOE.

Однако изменение условий идентификации центров циклонов при использовании фактически одного метода и данных одного реанализа определяет только различия в ежегодных значениях характеристик циклонической активности. Ход же тенденции изменчивости этих характеристик в выбранных районах Северной Атлантики с 1979 по 2020 год не зависит от выбранных критериев идентификации циклонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акперов М. Г., Мохов И. И. Сравнительный анализ методов идентификации внетропических циклонов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46, № 5. С. 620–637.
2. Wang X. L., Swall V. R., Zwiers F. W. Climatology and Changes of Extratropical Cyclone Activity: Comparison of ERA-40 with NCEP–NCAR Reanalysis for 1958–2001 // J. Climate. 2006. V. 19. P. 3145–3166.
3. 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. Meteor. Soc. 2002. V. 83. P. 1631–1643.
4. Hersbach et. al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2020, V. 146, Is. 730. P. 1999–2049.
5. Вязилова Н. А. Циклоническая активность и колебания циркуляции в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология. 2012. № 7. С. 5–14.
6. Wang C. C., Rogers J. C. A Composite Study of Explosive Cyclogenesis in Different Sectors of the North Atlantic. Part I: Cyclone Structure and Evolution // Mon. Wea. Rev. 2001. V. 129. P. 1481–1499.

УДК 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

**ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ТРЕНДОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА
АНОМАЛИЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ В АТМОСФЕРНОМ СЛОЕ 0–2 КМ
НАД АРКТИКОЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОЗОНДОВЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ ЗА 1964–2018 ГГ.**

О. А. Алдухов¹, И. В. Черных²

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ aoa@meteo.ru, ² civ@meteo.ru*

Введение

При климатических исследованиях, а также решении практических задач, например, для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкономическом обосновании строительства атомных и тепловых электростанций необходимы аэрологические данные в нижнем 0–2-км слое атмосферы [1–9]. Крайне важным является вопрос об изменении трендов метеорологических величин в этом слое с высотой [3, 4, 7, 10], особенно для Арктики, где изменения климата проявляются наиболее существенно [4, 7, 11–13].

В данной статье продолжены исследования авторов вертикальной структуры многолетних статистических характеристик метеорологических величин в атмосфере и её долгопериодных изменений над отдельными станциями [3], над земным шаром в целом [8, 9, 14, 15], а также отдельными регионами, в частности над Арктикой [3, 4, 7]. Предметом исследования в ней является слой атмосферы 0–2 км над уровнем земли. Для этого слоя атмосферы над Арктической зоной России за 1964–2016 гг. в [7] были представлены как постанционные оценки линейных трендов аномалий температуры воздуха, определены высоты их максимальной изменчивости, так и для Североевропейского, Западно-Сибирского и Восточно-Сибирского районов Арктической зоны России в целом. В данной работе исследования

выполнены с учётом данных радиозондовых наблюдений за период 1964–2018 гг., проводимых как на российских, так и на зарубежных арктических станциях; построены географические распределения линейных трендов 1-го и 2-го порядка [16] для аномалий среднегодовой температуры воздуха (Т) на разных высотах в атмосферном слое 0–2 км над уровнем земли; проведён анализ долгопериодных изменений температуры воздуха для отдельных районов Северной полярной области (СПО) [11]. Так как приземная температура воздуха является одной из важнейших метеорологических величин, определяющих условия жизни на Земле, и её изменения наиболее изучены, для районов СПО проведено сравнение распределений трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовой приземной температуры воздуха, определённых по аэрологическим наблюдениям за период по 2018 год, и трендов, вычисленных по результатам метеорологических наблюдений за период по 2018 год [11], а также по 2019 год [12].

1. Данные и методы

Для получения оценок параметров нижнего двухкилометрового слоя атмосферы с учётом данных наблюдений за последние годы могут быть использованы результаты стандартного радиозондирования атмосферы после их специальной обработки [2, 4]. Исследования были проведены на основе данных глобального массива результатов радиозондирования атмосферы CARDS (Comprehensive Aerological Reference Data Set) [17], прошедших процедуру комплексного контроля качества [18] и дополненных проконтролированными текущими данными, собираемыми с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [19]. Для включения станции глобальной аэрологической сети в данное исследование необходимым условием было наличие наблюдений за 15 лет из полного периода наблюдений, включая 2018 г. После нескольких этапов обработки исходных данных по глобальной аэрологической сети: объединения близкорасположенных станций, взаимно заменяемых в процессе эксплуатации, исключения коротких и очень старых рядов наблюдения, – был сформирован массив данных по 774 станциям глобальной аэрологической сети за период

1964–2018 гг. На следующем этапе на основе этого массива для Арктики был сформирован расширенный массив, состоящий из данных 120 станций, из которых 77 расположены севернее 60° с.ш., а остальные – на близлежащей к Арктике территории. Целесообразность формирования такого массива обусловлена значительной неоднородностью расположения аэрологических станций даже внутри отдельных широтных зон. Ниже при расчётах климатических характеристик метеовеличин осреднение результатов их наблюдений выполнялось по площади влияния каждой станции, определяемой радиусом горизонтальной корреляции метеовеличины. Поскольку станции в соседней широтной зоне (зоне умеренных широт Северного полушария (СП)), близко расположенные к Арктике, несут полезную информацию и о ней вследствие горизонтальной коррелированности наблюдаемых значений метеовеличин, то данные этих станций включались в расширенный массив для Арктики. Тем самым в определённой степени пополняется источник информации для неё по данным ближайших соседних станций и выравнивается пространственная однородность исходных наблюдений.

При расчётах были использованы данные радиозондовых измерений, проводимых в сроки 0 и 12 ч ВСВ (Всемирное скоординированное время). Выбор периода наблюдений 1964–2018 гг. обусловлен тем фактом, что за более ранний период, конец 1950-х – начало 1960-х гг., однородных данных радиозондовых наблюдений на глобальной аэрологической сети недостаточно для климатических расчётов ввиду ряда причин [2, 3, 10, 20].

Обработка и анализ результатов радиозондовых наблюдений имеет особенность по сравнению с метеорологическими наблюдениями, поскольку в атмосфере на многих высотах имеются пропуски измерений, обусловленные в основном недостаточной высотой подъёма баллона радиозонда, а также другими причинами, связанными с текущей технологией радиозондовых наблюдений, технологией производства оболочек зондов и датчиков измерения параметров атмосферы, воздействия реальных условий в атмосфере на техническое состояние радиозонда [2–4, 10, 17, 20]. При анализе результатов вычислений следует учитывать, 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, связанных с малой высотой полёта зондов [2–4, 7, 10].

Для включения радиозондового профиля в расчёты требовалось наличие данных измерений от уровня земли до высоты 2 км. В пределах этого слоя атмосферы в аэрологических телеграммах содержится достаточное число наблюдений, которые можно использовать для оценки его характеристик [2].

Статистические характеристики температуры в атмосферном слое 0–2 км были рассчитаны после проведения необходимой специальной обработки постанционных данных, которая состояла в следующем: по вертикальным профилям радиозондовых измерений были получены значения метеорологических величин на стандартных высотах в рамках этого слоя; затем был проведён дополнительный контроль качества данных с акцентом именно на этот слой атмосферы [2]. Под стандартными высотами в атмосферном слое 0–2 км подразумеваются следующие: 0, 50, 100, 150, 200 м и далее через каждые 100 м до высоты 2000 м над уровнем земли.

Сплайновая интерполяция на базе кубического сплайна Акимы [21, 22] была использована в качестве метода интерполяции, так как она обеспечивает для большинства аэрологических параметров наиболее точную интерполяцию с наименьшей погрешностью по сравнению с другими её видами [2, 21–24].

Долгопериодные тенденции изменения метеорологических величин, характеризующих состояние климатической системы, исследовались с использованием метода наименьших квадратов. Следует отметить, что оценки трендов метеорологических величин, определённых по данным радиозондирования, зависят от массива данных, длины ряда и методов анализа [2, 3, 10, 25].

Для изучения характера долгопериодных изменений метеорологических величин (оценки ускорения их долгопериодных изменений), в частности, для возможности предсказания изменения трендов в следующие ближайшие годы, ниже вводятся логически обоснованные понятия трендов 1-го и 2-го порядка. Уточним их

определения. Рассмотрим линейную аппроксимацию $\tilde{F}(t, t_0, t_1)$ метеовеличины $F(t)$ на временном отрезке $t \in [t_0, t_1]$:

$$\tilde{F}(t, t_0, t_1) = a_1(t_0, t_1) \cdot t + b_1(t_0, t_1), \quad t_0 \leq t \leq t_1,$$

которая минимизирует интеграл квадрата разности $\tilde{F}(t, t_0, t_1) - F(t)$ на отрезке $t \in [t_0, t_1]$

$$\int_{t_0}^{t_1} \left(\tilde{F}(t, t_0, t_1) - F(t) \right)^2 \cdot dt \rightarrow \min.$$

Коэффициент $a_1(t_0, t_1)$ является трендом 1-го порядка. Он показывает среднюю скорость изменения $F(t)$ на изучаемом временном отрезке $[t_0, t_1]$ и соответствует классическому линейному тренду. Однако при анализе достаточно длинного ряда значений метеовеличины $F(t)$ естественно возникает вопрос: как скорость изменения метеовеличины $F(t)$ зависит от начальной точки t_0 по мере приближения её к t_1 – концу отрезка. Для ответа на этот вопрос процедура линейной аппроксимации была применена к временным рядам трендов 1-го порядка $a_1(t, t_1)$:

$$\tilde{a}_1(\tau, t_0, t_1) = a_2(t_0, t_1) \cdot \tau + b_2(t_0, t_1), \quad \tau \in [t_0, t_1].$$

Коэффициент $a_2(t_0, t_1)$ есть тренд 2-го порядка. Он показывает среднюю скорость изменения тренда 1-го порядка в зависимости от приближения начальной точки отрезка t_0 к его конечной точке, то есть $a_2(t_0, t_1)$ показывает среднее ускорение изменения $F(t)$ по отношению к фиксированной конечной точке t_1 . Зная знак $a_2(t_0, t_1)$, можно предсказать характер изменения трендов 1-го порядка в следующих ближайших точках, их увеличения при положительных или уменьшения при отрицательных значениях тренда 2-го порядка.

Для определения значимости трендов использовался критерий Стьюдента. Области с 50- и 95 %-ной значимостью на рисунках отмечены редкой и более густой сеткой соответственно.

Для аномалий среднегодовых значений температуры воздуха на стандартных высотах в изучаемом слое атмосферы были рассчитаны тренды 1-го и 2-го порядка. Тренды 2-го порядка были оценены по соответствующим временным рядам трендов 1-го порядка за последовательно уменьшающиеся на один год периоды

наблюдения 1964–2018, 1965–2018 гг. ... до 2003–2018 гг. При вычислении аномалий за базовый период (период осреднения при расчёте среднего значения метеовеличины, относительно которого рассчитываются аномалии) был выбран полный 55-летний период наблюдений 1964–2018 гг. Ограничение периода наблюдений 2018 годом дало возможность сравнить особенности географического распределения трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовых значений приземной температуры, определённых по аэрологическим наблюдениям, и трендов, полученных для СПО по результатам метеорологических наблюдений за период по 2018 год [11], а также по 2019 год [12].

В данной работе условием для включения месяца в расчёты трендов было наличие 15 измерений за месяц и 15 лет из рассматриваемого 55-летнего периода наблюдений, включая 2018 год. Если число наблюдений за месяц на некотором уровне составляло менее 30 % от среднего числа наблюдений на всех уровнях в слое 0–2 км, то данные на таком уровне в расчёты не включены. Это сделано для возможности объективного сопоставления результатов расчётов на разных уровнях.

Для изучения пространственной изменчивости трендов 1-го и 2-го порядка над Арктикой и прилегающей территорией сначала были построены глобальные географические распределения трендов на высотах 0, 0,5 и 1,6 км над уровнем земли, а затем получены соответствующие проекции этих распределений с акцентом на Арктику. При интерполяции постанционных статистических характеристик температуры на градусную сетку $5 \times 5^\circ$ был использован метод взвешенной анизотропной интерполяции (BAИ) [26]:

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

где a_i – вес для каждой из m соседних станций для точки сетки станций; они находятся как решение следующей системы линейных уравнений:

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

Здесь r_{ij} – расстояние между i -й и j -й станциями, r_{0j} – расстояние между нулевой точкой сетки и j -й станцией. Согласно [26], для большинства метеопараметров атмосферы этот метод даёт почти такую же точность, как оптимальная интерполяция (ОИ) [23]. Большим преимуществом использования метода ВАИ (по сравнению с ОИ) является тот факт, что при этом не требуется знать статистическую структуру интерполируемых метеовеличин, а недостатком – то, что он не даёт оценки ошибки интерполяции [2].

2. Результаты

2.1. Географическое распределение трендов 1-го и 2-го порядка годовых аномалий температуры воздуха на высотах 0, 0,5 и 1,6 км над уровнем земли

На рис. 1 приведены проекции с акцентом на Арктику географических распределений линейных трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовых значений температуры воздуха на высотах 0, 0,5 и 1,6 км над уровнем земли, построенные по глобальным данным аэрологических наблюдений за период 1964–2018 гг. В табл. 1 приведены соответствующие диапазоны изменений трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовых значений температуры воздуха на изучаемых высотах над Арктической зоной.

Рис. 1 (а, в, д) демонстрирует, что положительные тренды 1-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха определены в основном на уровне значимости более 95 %. Их максимальные значения на высотах 0, 0,5 и 1,6 км над уровнем земли для земного шара определены над Северным Ледовитым океаном, на рис. 1 (а, в, д) они отмечены синими отрезками. Максимальные значения трендов 1-го порядка зафиксированы:

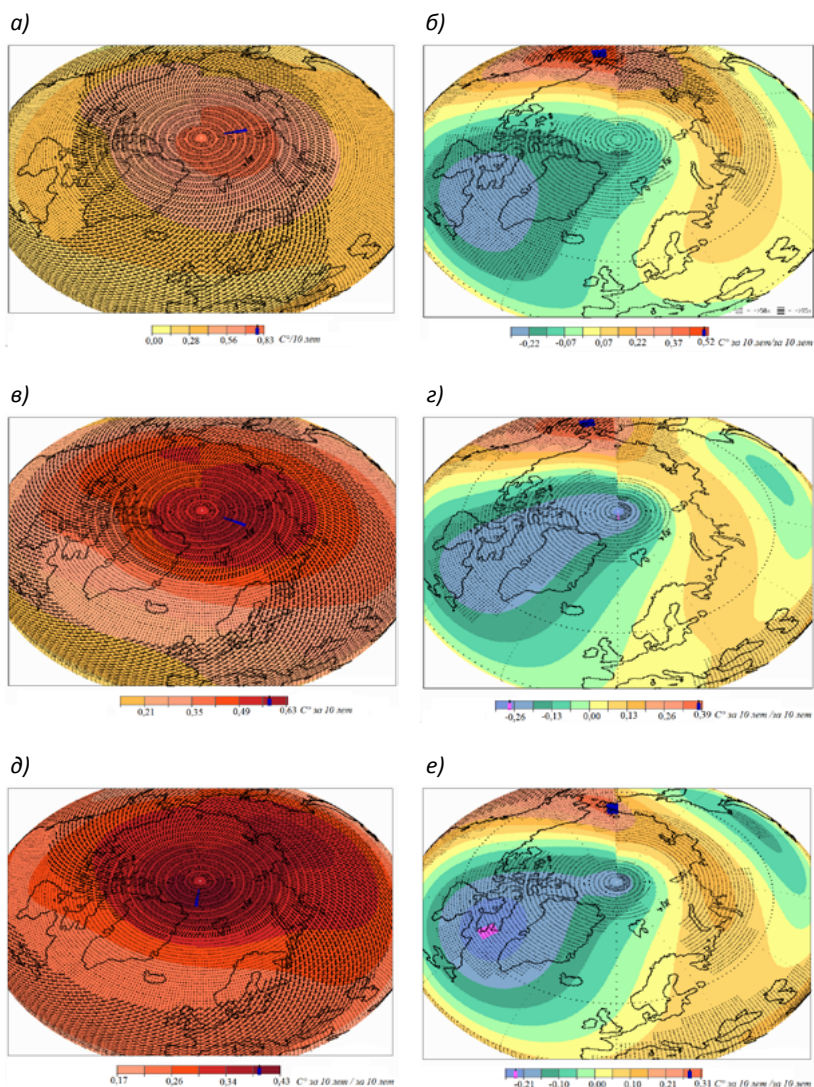


Рис. 1. Географическое распределение трендов 1-го (а, в, д, $^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) и 2-го (б, г, е, $^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на высотах 0 км (а, б), 0,5 км (в, г) и 1,6 км (д, е) над уровнем земли над Арктикой и близлежащей к ней территориями, рассчитанных по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг.

- на уровне земли в Северном Ледовитом океане к северо-востоку от архипелага Северная Земля;
- на высоте 0,5 км – к северу от архипелага Новая Земля;
- на высоте 1,6 км – к северу от Гренландского моря.

Таблица 1

Диапазоны изменений линейных трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовых значений температуры воздуха (Т) для стандартных высот (Н) 0, 0,5 и 1,6 км в нижнем слое атмосферы 0–2 км над уровнем земли для Арктической зоны. 1964–2018 гг.

Н, км	ΔT^1 , °C/10 лет	ΔT^2 , (°C/10 лет) за 10 лет
0	0,14 – 0,79	-0,29 – 0,52
0,5	0,21 – 0,58	-0,26 – 0,39
1,6	0,17 – 0,39	-0,21 – 0,28

Примечание. Здесь и в табл. 2 тренды 1-го и 2-го порядка, определённые со значимостью не менее 95 %, отмечены жирным шрифтом, со значимостью более 50 %, но менее 95 % отмечены курсивом.

Для трендов 1-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха максимальные значения монотонно уменьшаются с высотой: на высотах 0; 0,5 и 1,6 км они равны 0,79; 0,58; 0,39 °C за 10 лет, а минимальные значения немонотонно увеличиваются с высотой и составляют 0,14; 0,21; 0,17 °C за 10 лет соответственно. При этом для Арктической зоны амплитуды изменения трендов 1-го порядка уменьшаются с высотой: их значения 0,65; 0,37; 0,22 °C за 10 лет определены соответственно на высотах 0; 0,5 и 1,6 км.

Очаги наибольшего потепления на изучаемых высотах расположены в основном над Российской Арктикой. На уровне земли очаг виден к северу от Гренландского моря и в Российском секторе Северного Ледовитого океана, к северу от Баренцева и Карского морей, западной части моря Лаптевых. С увеличением высоты очаг смещается в направлении к западу.

Географические распределения линейных трендов 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха (рис. 1, б, г, е) показывают для разных регионов динамику изменения линейных трендов 1-го порядка (рис. 1, а, в, д) по мере приближения к

2018 году. При совместном анализе трендов 1-го и 2-го порядка следует иметь ввиду, что области с отрицательными значениями трендов 2-го порядка характеризуют лишь убывание со временем (по мере приближения к 2018 году) положительных или усиление отрицательных трендов 1-го порядка, и, наоборот, области с положительными значениями трендов 2-го порядка отражают возрастание со временем положительных и ослабление отрицательных трендов 1-го порядка.

Для трендов 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха районы с положительными и отрицательными значениями видны на всех изучаемых высотах (рис. 1, б, г, е). С увеличением высоты монотонно их максимальные положительные значения увеличиваются, а максимальные по модулю отрицательные значения убывают по модулю: на высотах 0, 0,5 и 1,6 км они равны приблизительно 0,52; 0,39; 0,28 (°С за 10 лет) за 10 лет и -0,29; -0,26; -0,21 (°С за 10 лет) за 10 лет соответственно. Для Арктической зоны амплитуды изменения трендов 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха уменьшаются с высотой: они составляют 0,81, 0,65, 0,49 (°С за 10 лет) за 10 лет соответственно на высотах 0, 0,5 и 1,6 км. На рис. 1 (б, г, е) для всех изучаемых высот видны два очага. В одном из них, расположенном на западе Аляскинского и востоке Чукотского сектора СПО, тренды 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха положительные и определены на уровне значимости более 95 %; во втором, расположенном в Канадском и Атлантическом секторах СПО, в районе Гренландии, они отрицательные и определены на уровне значимости более 50 %, но менее 95 %.

Заметим, что для высот 0, 0,5 и 1,6 км максимальные положительные значения линейных трендов 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха являются максимальными не только для Арктической зоны, но и для земного шара. На высотах 0,5 и 1,6 км зафиксирован максимальный по модулю отрицательный тренд 2-го порядка для земного шара к северу от Гренландии и к юго-востоку от о. Баффинова Земля.

Для уровня земли детальный анализ трендов проведён ниже в разделе 3.

2.2. Географическое распределение трендов 1-го и 2-го порядка годовых среднеквадратических отклонений температуры воздуха на высотах 0; 0,5 и 1,6 км над уровнем земли

В обзорных докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата вопрос об увеличении изменчивости наблюдаемого климата Земли является одним из ключевых вследствие увеличения повторяемости экстремальных гидрометеорологических явлений, которые наносят большой ущерб природе и человечеству [3, 4, 10, 13]. Поэтому для лучшего понимания происходящих климатических изменений полезно исследовать также тренды среднеквадратических отклонений метеорологических величин.

Для демонстрации пространственной неоднородности распределений линейных трендов 1-го и 2-го порядка среднеквадратических отклонений температуры воздуха на рис. 2 приведены проекции с акцентом на Арктику их географических распределений на высотах 0; 0,5 и 1,6 км за год в целом по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг. Соответствующие диапазоны изменений трендов на перечисленных высотах в слое атмосферы 0–2 км над Арктической зоной представлены в табл. 2.

Таблица 2

Диапазоны изменений линейных трендов 1-го и 2-го порядка среднеквадратических отклонений температуры воздуха (Т) для стандартных высот 0; 0,5 и 1,6 км над уровнем земли для Арктической зоны. 1964–2018 гг. Н – высота над уровнем земли, км.

<i>H, км</i>	<i>$\Delta\sigma_{T1}, C^{\circ}/10 лет$</i>	<i>$\Delta\sigma_{T2}, (C^{\circ}/10 лет)$ за 10 лет</i>
0	-1,33 – 0,12	-0,18 – 0,12
0,5	-0,21 – 0,05	-0,17 – 0,11
1,6	-0,24 – 0,08	-0,23 – 0,08

На рис. 2 (а, в, д) видны как положительные, так и отрицательные значения линейных трендов 1-го порядка среднеквадратических отклонений температуры воздуха на изучаемых высотах. Все положительные тренды 1-го порядка определены со значимостью менее 95 %. Максимальные по модулю отрицательные значения трендов 1-го порядка немонотонно уменьшаются по модулю с

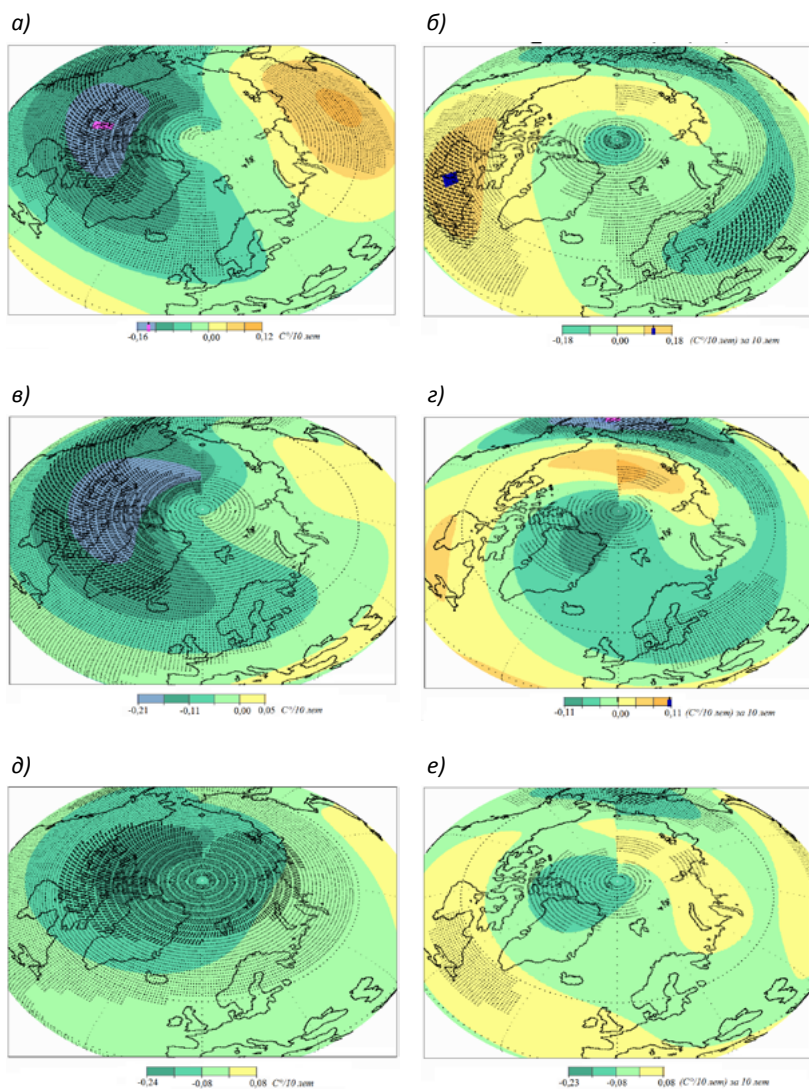


Рис. 2. Географическое распределение трендов 1-го (а, в, д, $^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) и 2-го (б, г, е, $(^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}) \text{ на } 10 \text{ лет}$) порядка среднихкватических отклонений температуры воздуха на высотах 0 км (а, б), 0,5 км (в, г) и 1,6 км (д, е) над уровнем земли над Арктикой и близлежащей к ней территорией за год в целом, рассчитанных по данным радиозондирования за период 1964–2018 гг.

увеличением высоты: они составляют $-1,33$; $-0,21$; $-0,24$ °C за 10 лет для высот 0; 0,5 и 1,6 км соответственно, при этом тренды определены со значимостью более 95 % (см. табл. 2).

Расположение очагов значимого уменьшения среднеквадратических отклонений зависит от высоты (см. рис. 2, а, в, д):

- на уровне земли такой очаг виден в Канадском районе и западной части Атлантического района СПО; значение отрицательного тренда $-1,33$ °C за 10 лет зафиксировано на юге Канадского архипелага, оно является максимальным по модулю и для территории земного шара;

- на высоте 0,5 км очаг значимых отрицательных трендов 1-го порядка расширяется в южном и восточном направлениях, при этом значимость трендов в северном направлении больше 50 %, но ниже 95 %;

- на высоте 1,6 км очаг значимых отрицательных трендов 1-го порядка смещается к северу и расположен над северными частями всех районов СПО.

Максимальные по модулю отрицательные тренды 2-го порядка немонотонно слабо увеличиваются по модулю с высотой и составляют: $-0,18$; $-0,17$; $-0,23$ (°C/10 лет) за 10 лет на высотах 0; 0,5 и 1,6 км соответственно, их значимость более 95 %.

Отметим расположение определённых очагов значимых отрицательных трендов 2-го порядка среднеквадратических отклонений: очаг в южной части Чукотского района СПО виден для всех изучаемых высот, на высоте 0,5 км там определён наибольший по модулю отрицательный тренд для земного шара ($-0,17$, (°C/10 лет) за 10 лет); для очага в южной части Североевропейского и Западносибирского районов тренды значимы только на уровне земли, с высотой их значимость уменьшается; над северной частью Канадского и Атлантического районов СПО видны отрицательные тренды со значимостью более 50 %, но менее 95 %.

Значимые положительные тренды 2-го порядка среднеквадратических отклонений температуры воздуха видны только для территории, расположенной к югу от Канадского района СПО, она расположена южнее очага с наибольшими отрицательными трендами 1-го порядка (рис. 2, а, б).

3. Сопоставление особенностей географического распределения трендов аномалий приземной температуры воздуха, вычисленных по наземным и аэрологическим наблюдениям для Арктики

Изменения приземной температуры воздуха наиболее детально изучены, поэтому было проведено сопоставление особенностей географического распределения трендов аномалий её среднегодовых значений, вычисленных по результатам метеорологических наблюдений за период по 2018 и 2019 гг. [11, 12], и трендов 1-го и 2-го порядка, определённых по аэрологическим наблюдениям для Арктической зоны по 2018 год. Анализ результатов сопоставления показал: во-первых, хорошую согласованность классических трендов (трендов 1-го порядка) и, во-вторых, полезность использования трендов 2-го порядка для локализации очагов увеличения трендов 1-го порядка и предсказуемости поведения трендов 1-го порядка в следующий за 2018 годом год 2019. Эти выводы подтверждаются рассмотренными ниже примерами для следующих частей СПО: Североевропейского района, района Карского моря, восточной части евразийского сектора и западной части североамериканского сектора СПО, Канадского и Атлантического секторов СПО (подразумевается классификация районов СПО согласно [11, 12]). При сравнении следует учитывать, что сеть метеорологических станций более густая, по сравнению с аэрологической сетью, данные наземных наблюдений собраны за более длительный период наблюдений, и в течение суток проводятся восемь наблюдений, в то время как аэрологические наблюдения проводятся в основном в сроки 0 и 12 ч ВСВ. Так исходными данными в [11, 12] служили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций и данные, поступающие с дрейфующих буёв Международной программы арктических буёв (МПАБ). Напомним, что согласно [11] в течение периода 1989–2018 гг. приземная температура воздуха росла во всех регионах СПО, в целом по СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 0,76 °C за 10 лет. Аномалии среднегодовой температуры в [11, 12] рассчитывались относительно рекомендованного Всемирной

метеорологической организацией (ВМО) стандартного базового периода 1961–1990 гг.

Североевропейский район СПО. Для года в целом потепление для Североевропейского района СПО составляет $0,28–0,82\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, в направлении к северу оно усиливается, значимость трендов более 95 % для большей части района (см. рис. 1а). На рис. 1б видны тренды 2-го порядка, изменяющиеся в пределах $-0,07...+0,14\text{ }(^{\circ}\text{C}/10\text{ лет})$ за 10 лет для территории изучаемого района, их значимость менее 50 % для большей его части, что означает маловероятное увеличение трендов 1-го порядка при приближении начальной точки периода наблюдения к 2018 году. Согласно [11, 12], коэффициенты линейного тренда за периоды 1936–2018 и 1936–2019 гг. для Североевропейского района СПО составляли за год 0,16 и $0,16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$; для Баренцева моря как части климатического района они составляли за год 0,15 и $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ соответственно. Все тренды за год определены со значимостью более 95 %. Стабильность трендов для года в целом за периоды 1936–2018 и 1936–2019 гг. находится в согласии с рис. 1б.

Район Карского моря. Результаты, представленные на рис. 1 (а,б), согласуются с установленным фактом [11], что за тридцатилетний период метеорологических наблюдений (1989–2018 гг.) наиболее высоким темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря. Действительно, в этом районе были определены максимальные тренды 1-го порядка аномалий приземной температуры за период аэрологических наблюдений 1964–2018 гг. (на рис. 1а они отмечены синим отрезком) за год в целом $(0,83\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет})$ со значимостью более 95 %. При расчётах за год в целом на севере Карского моря определены слабые отрицательные, а на юге – слабые положительные тренды 2-го порядка, диапазон изменения для всей территории Карского моря составляет $-0,07...+0,14\text{ }(^{\circ}\text{C}/10\text{ лет})$ за 10 лет), их значимость менее 50 % (см. рис. 1б), что означает маловероятное увеличение трендов 1-го порядка при приближении начальной точки периода наблюдения к 2018 году. Согласно [11, 12], коэффициенты линейного тренда для Карского моря как части климатического района составляли за периоды 1936–2018 и 1936–2019 гг.

0,17 и 0,19 °C/10 лет соответственно, то есть видим слабое усиление потепления за больший период с добавлением следующего ближайшего года 1936–2019 гг., однако анализ временных рядов в [11, 12] показал отсутствие увеличения трендов за десятилетний период 2010–2019 гг. по сравнению с трендами за 2009–2018 гг.

Восточная часть евразийского сектора и западная часть североамериканского сектора СПО. Для года в целом на рис. 1а и 1б в восточной части евразийского сектора и западной части североамериканского сектора СПО видны положительные тренды 1-го порядка, изменяющиеся в диапазоне 0,14–0,70 °C/10 лет, их значимость в основном более 95 %. Максимальные для земного шара положительные значения трендов 2-го порядка 0,52 (°C/10 лет) за 10 лет, определённые со значимостью более 95 %, зафиксированы за год в целом на севере Берингова моря, в районе о. Св. Лаврентия; тренды 2-го порядка определены со значимостью более 95 % для года в целом (0,14–0,52 (°C/10 лет) за 10 лет) – только для большей части Чукотского района СПО и юго-западной части Аляски. Таким образом, с использованием оценок трендов 2-го порядка были локализованы очаги с максимальным увеличением потепления по мере приближения к 2018 году для года в целом. Согласно [11] в 2018 году самые крупные положительные аномалии температуры наблюдались на территории Чукотского и Аляскинского районов. В следующем, 2019 году, согласно [12], области крупных положительных аномалий располагались преимущественно в восточной части евразийского сектора и в западной части североамериканского сектора СПО, при этом самые крупные аномалии для года наблюдались на территории Восточно-Сибирского и Аляскинского районов. Согласно [11, 12], коэффициенты линейных трендов аномалий среднегодовой приземной температуры воздуха для территорий Чукотского и Аляскинского районов СПО, моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря составляли за период 1936–2018 гг. 0,24; 0,27; 0,16 и 0,24 °C/10 лет, а за период 1936–2019 гг. – 0,26; 0,30; 0,18 и 0,26 °C/10 лет соответственно, то есть там, где по данным аэрологических наблюдений за период 1964–2018 гг. были определены положительные тренды 2-го порядка со значимостью более 50 %,

за период метеорологических наблюдений 1936–2018 гг. тренды (1-го порядка) с учётом 2019 года (ближайшего следующего за 2018 годом) действительно увеличились.

Канадский и Атлантический секторы СПО. Особый интерес представляет анализ полученных по аэрологическим данным за 1964–2018 гг. оценок трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха для Атлантического и Канадского секторов СПО, так как по данным метеорологических наблюдений для Канадского района и севера Канадского Арктического архипелага определено похолодание за 2009–2018 и 2010–2019 гг. на фоне общего потепления за периоды 1936–2018, 1936–2019 гг. и соответствующие последние тридцатилетия [11, 12]. По данным радиозондирования за период наблюдений 1964–2018 гг. для Канадского района, Гренландии и территории Атлантического океана, расположенной южнее Гренландии, определено потепление на уровне земли: на рис. 1а для этой территории видны положительные тренды 1-го порядка аномалий среднегодовой приземной температуры воздуха, изменяющиеся в диапазоне $0,28\text{--}0,70\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и определённые на уровне значимости не менее 95 %. Однако для восточной части Канадского района, севера Канадского Арктического архипелага, Гренландии и территории Атлантического океана южнее Гренландии (приблизительно до 47° с.ш.) характерны отрицательные тренды 2-го порядка аномалий среднегодовой приземной температуры воздуха в диапазоне $-0,29\text{--}-0,14\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ за 10 лет, определённые со значимостью более 50 %, но менее 95 % (см. рис. 1б), что означает вероятное уменьшение положительных трендов 1-го порядка со временем или даже смену их знака на отрицательный при приближении начала периода к 2018 году. Эти результаты согласуются с похолоданием за 2009–2018 и 2010–2019 гг., определённым по данным метеорологических наблюдений для Канадского района и севера Канадского Арктического архипелага, при положительных трендах за тридцатилетние периоды 1989–2018 и 1990–2019 гг. и соответствующие полные периоды наблюдений 1936–2018 и 1936–2019 гг. [11, 12]. Также отметим, что к востоку от Гренландии, для Гренландского и Норвежского морей, на рис. 1а и 1б видны также положительные значимые

тренды 1-го порядка, увеличивающиеся в северном направлении от 0,28 до 0,83 °C/10 лет, и отрицательные тренды 2-го порядка, изменяющиеся в интервале -0,14...-0,07 °C/10 лет за 10 лет и определённые со значимостью более 50 %, но менее 95 %, для Гренландского моря, и от -0,14 до 0 °C/10 лет за 10 лет, зафиксированные со значимостью в основном менее 50 %, – для Норвежского моря; значимость трендов 2-го порядка увеличивается в направлении к северу. При этом, согласно [11, 12], коэффициенты линейного тренда аномалий средней годовой приземной температуры воздуха для Канадского района, севера Канадского Арктического архипелага и северной части Гренландского и Норвежского морей составляли за период 1936–2018 гг. 0,16; 0,12 и 0,24 °C/10 лет, а за период 1936–2019 гг. – 0,17; 0,15 и 0,24 °C/10 лет соответственно. Таким образом, тренды (1-го порядка) с учётом 2019 года (ближайшего следующего за 2018 годом) для северной части Гренландского и Норвежского морей не увеличились, а для Канадского района и севера Канадского Арктического архипелага отрицательные тренды, определённые за соответствующие последние десятилетия, не ослабили их. Следовательно, использование трендов 2-го порядка крайне полезно, так как позволяет идентифицировать районы с изменением тенденций трендов 1-го порядка по мере приближения к конечной точке периода наблюдения.

Заключение

Изложен метод оценки трендов 2-го порядка, разработанный на основе данных радиозондовых измерений для оценки изменения трендов 1-го порядка по мере приближения к последнему году исследуемого периода наблюдений и предсказания их поведения в следующие ближайшие годы.

На основе результатов радиозондирования за период 1964–2018 гг. получены новые знания о пространственно-временных особенностях долгопериодных изменений температуры воздуха в слое атмосферы 0–2 км над Арктикой: определены тренды 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха и её среднеквадратических отклонений; показана неоднородность их распределения в пространстве и во времени.

Наибольшее потепление на изучаемых высотах определено в основном над Российской Арктикой: на уровне земли его очаг виден к северу от Гренландского моря и в Российском секторе Северного Ледовитого океана, к северу от Баренцева и Карского морей, западной части моря Лаптевых. С увеличением высоты очаг смещается в западном направлении. Максимальные значения трендов 1-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на уровне земли определены в Северном Ледовитом океане к северо-востоку от архипелага Северная Земля, на высоте 0,5 км – к северу от архипелага Новая Земля и на высоте 1,6 км – к северу от Гренландского моря; их значения монотонно уменьшаются с высотой.

Для трендов 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха районы как с положительными, так и отрицательными значениями определены на всех изучаемых высотах (0; 0,5 и 1,6 км). С увеличением высоты их максимальные положительные значения увеличиваются, а максимальные по модулю отрицательные значения убывают по модулю. На западе Аляскинского и востоке Чукотского секторов СПО на перечисленных высотах зафиксированы положительные тренды 2-го порядка, определённые на уровне значимости более 95 %. В Канадском и Атлантическом секторах СПО, в районе Гренландии выявлены отрицательные тренды 2-го порядка, определённые на уровне значимости более 50 %, но менее 95 %. Следует отметить: на всех изучаемых высотах определённые максимальные положительные тренды 2-го порядка являются максимальными не только для Арктической зоны, но и для земного шара; к северу от Гренландии и к юго-востоку от о. Баффинова Земля на высотах 0,5 и 1,6 км зафиксирован максимальный по модулю отрицательный тренд 2-го порядка для земного шара.

На примере приземной температуры для всех районов СПО показаны хорошее согласование полученных оценок с результатами расчётов трендов аномалий среднегодовой температуры воздуха по данным метеорологических наблюдений за разные периоды [11, 12] и полезность использования трендов 2-го порядка для локализации очагов увеличения/уменьшения трендов 1-го порядка по мере приближения начала периода наблюдений

к 2018 году и предсказуемости поведения трендов 1-го порядка в ближайший следующий год.

Полученные результаты могут быть полезны при климатических исследованиях, при оценках адаптационных мер в связи с климатическими изменениями для геоэкономического обоснования строительства атомных и тепловых электростанций и при решении других практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О. А., Брюхань А. Ф. Оценка условий атмосферной дисперсии для размещения и проектирования атомных станций // Атомная энергия. 2013. Т. 115, вып. 1. С. 44–47.
2. 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.
3. 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.
4. Алдухов О. А., Черных И. В. Долгопериодные изменения скорости ветра в слое атмосферы 0–2 км над Российской Арктикой по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 52–66.
5. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчёты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 278 с.
6. Псаломщикова Л. М., Стадник В. В., Салль И. А. и др. Характеристики нижнего 1000-метрового слоя атмосферы в районе Ленинградской АЭС-2 // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. С. 21–36.
7. Черных И. В., Алдухов О. А. Тренды температуры и влажности в нижнем двухкилометровом слое атмосферы над Российской Арктикой по данным радиозондирования // Метеорология и гидрология. 2020. № 9. С. 17–26.
8. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. Trends of wind speed in low troposphere from global radiosonde data // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling (WGNE Blue Book 2019), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2019. P. 2-03–2-04.
9. Chernykh I. V., Aldukhov O. A. Spatiotemporal distributions of global trends of humidity and temperature in the low troposphere // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 50. WCRP Report N 12/2020. Ed. Astakhova, July 2020, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2020), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>, 2020. P. 2-07–2-08.

10. *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.
11. *Доклад* об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с.
12. *Доклад* об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М.: Росгидромет, 2020. 97 с.
13. *Hartmann D. L., Klein Tank A. M. G., Rusticucci M. et al.* Observations: Atmosphere and Surface. /In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, Cambridge University Press, 2013.
14. *Aldukhov O. A., Chernykh I. V.* First and second-order trends of wind speed in the 0–30 km atmospheric layer from global aerological datasets // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 51. WCRP Report N 4/2021. Ed. E. Astakhova, July 2021, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2021), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>. 2021. P. 2-05–2-06.
15. *Aldukhov O. A., Chernykh I. V.* Spatiotemporal distributions of global trends of water vapour amount in the 0–30 km atmospheric layer // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 51. WCRP Report N 4/2021. Ed. E. Astakhova, July 2021, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2021), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>. 2021. P. 2-03–2-04.
16. *Aldukhov O. A., Chernykh I. V.* First and second-order trends of air temperature at the surface level from global radiosonde data // Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation. Report N 50. WCRP Report N 12/2020. Ed. E. Astakhova, July 2020, WMO, Geneva. Research Activities in Earth System Modelling (WGNE Blue Book 2020), <http://bluebook.meteoinfo.ru/>. 2020. P. 2-03–2-04.
17. *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. V. 76. P. 1759–1775.
18. *Aldukhov O. A., Eskridge R. E.* Complex Quality Control of Upper Air Parameters at Mandatory and Significant Levels for the CARDS Dataset. Asheville, NC, National Climatic Data Center Report. 1996. 151 p.
19. *Руденкова Т. В.* Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
20. *Зайцева Н. А.* Аэрология. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 325 с.

21. *Де Бор К.* Практическое руководство по сплайнам. М.: Радио и связь, 1985. 304 с.
22. *Стечкин С. Б., Субботин Ю. Н.* Сплаины в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.
23. *Гандин Л. С., Каган Р. Л.* Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
24. *Гордин В. А., Локтионова Е. А.* О применении сплайн-аппроксимации к расчёту профилей температуры // Труды Гидрометцентра СССР. 1978. № 212. С. 56–68.
25. *Стерин А. М.* Анализ линейных трендов в рядах температуры свободной атмосферы за 1958–1997 гг. // Метеорология и гидрология. 1999. № 5. С. 52–68.
26. *Костюков В. В.* Объективный анализ и согласование метеорологических полей. М.: Гидрометеиздат, 1982. 192 с.

УДК 681.3.06:551.58

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ (АСУНП) РОСГИДРОМЕТА

**А. В. Беспрозванных¹, Л. Н. Сенова²,
Н. Л. Ульянич³, Р. А. Шерстюкова⁴**

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ alexander@meteo.ru, ² senova@meteo.ru,
³ uljanich@meteo.ru, ⁴ clicom@meteo.ru

Введение

В ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» создана централизованная система автоматизированного учёта и отчётности функционирования организаций наблюдательной сети и сетевых наблюдательных подразделений Росгидромета. Основанием для внесения изменений в систему являются, согласно РД 52.04.567–2003 [1], ежеквартальные сообщения УГМС об изменениях в учётных карточках наблюдательных подразделений по форме ГМ-10 (в дальнейшем карточки ГМ-10) [2].

Система АСУНП эксплуатируется с 2008 года, а с 2015 года является единым официальным отраслевым ресурсом учёта наблюдательных подразделений в системе Росгидромета. Данные системы представлены в открытом доступе по адресу: http://cliware.meteo.ru/goskom_cat/list/index.jsp.

Система разработана на основе web-технологий и позволяет отслеживать изменения в сети по удалённому доступу.

Система содержит информацию карточек ГМ-10 по наблюдательным подразделениям Росгидромета.

Основные функции системы следующие:

- просмотр карточек ГМ-10;
- составление запросов на поиск информации по заданным критериям;
- получение отчётности по заранее утверждённым формам;

- представление расположения наблюдательных подразделений на карте.

Разработанное программное обеспечение позволяет в режиме «Формы отчётности» получать таблицы следующего содержания:

- количественный состав действующих организаций;
- списочный состав действующих организаций;
- классификатор видов наблюдений;
- список гидрометеорологических подразделений наблюдательной сети Росгидромета;
- форма ГМ-1, разделы 1, 2, 3 по каждому УГМС;
- количество пунктов с основными видами наблюдений.

Основные функции системы представлены в главном меню, изображённом на рис. 1.

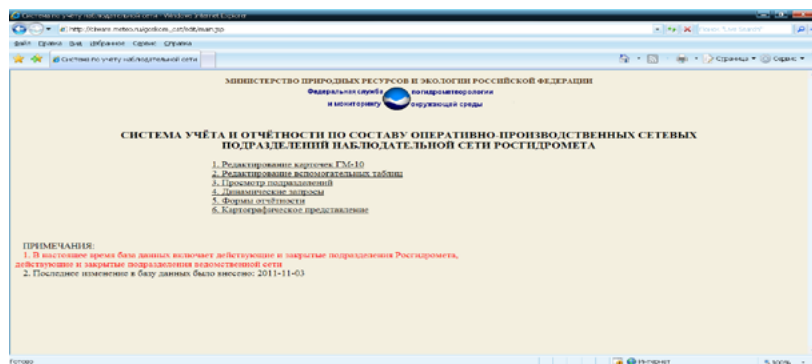


Рис. 1. Главное меню системы АСУНП

Система имеет два типа пользователей: с правами администратора, когда доступны все функции системы, и правами пользователя, когда доступны только функции просмотра данных без права вносить изменения в таблицы базы данных. На рис. 2 представлено меню для пользователей.

В режиме «Редактирование карточек ГМ-10» разработанное программное обеспечение по работе с данными карточки ГМ-10 позволяет выполнять следующие функции системы:

- открытие нового подразделения на основании данных карточки ГМ-10;



Рис. 2. Меню для пользователей

- удаление подразделения из базы данных;
- ведение истории подразделения;
- корректировка данных действующего подразделения.
- корректировка ключевых дат.

На рис. 3 представлено меню для работы с карточкой ГМ-10.

Разработанное программное обеспечение по получению различных форм отчётности состояния оперативно-производственных сетевых организаций позволяет в режиме «Формы отчётности» отслеживать:

- количественный состав действующих организаций;
- списочный состав действующих организаций;

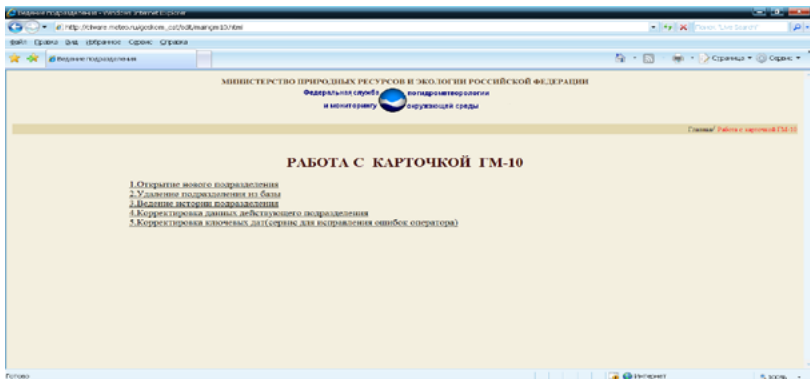


Рис. 3. Меню для работы с карточкой ГМ-10

- классификатор видов наблюдений.
- список гидрометеорологических подразделений наблюдательной сети.

На рис. 4 изображено меню выбора форм отчётности.

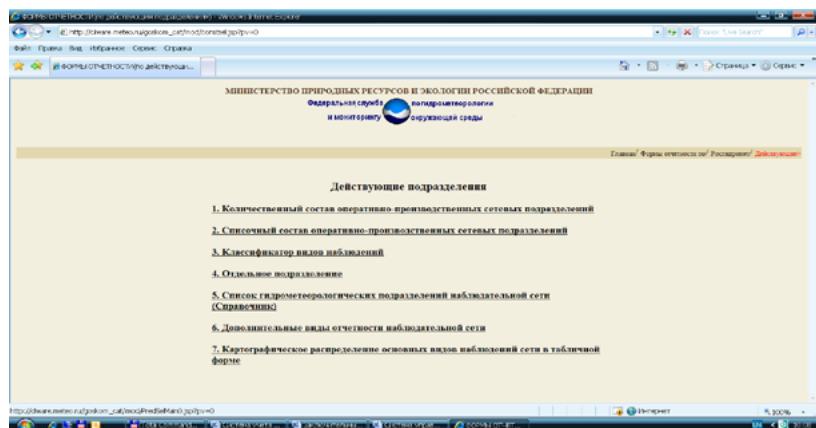


Рис. 4. Меню выбора форм отчётности

В системе автоматизированного учёта и отчётности имеется возможность создавать динамические запросы на выбор интересующей информации. Задание параметров для выбора списка подразделений происходит через окно выбора параметров, представлено на рис. 5.



Рис. 5. Окно выбора параметров

Описание организации информационной базы

Информационная база оперативной информации основана на реляционной модели баз данных и реализована с использованием СУБД Oracle. Система формирования БД предназначена для занесения входной информации в виде карточек ГМ-10. Содержимое карточек ГМ-10 заносится в таблицы Goskom_gen и Klassif_gen [3].

Одним из достижений при разработке АСУНП является обеспечение возможности ведения истории наблюдательных подразделений. Это достигается особой организацией таблиц базы данных. Ниже представлен перечень этих таблиц.

База данных «Автоматизированной системы учёта и отчётности» состоит из комплекса таблиц, предназначенных для хранения учётной информации:

Goskom_gen – таблица данных карточки ГМ-10 наблюдательного подразделения;

Klassif_gen – таблица кодов работ и наблюдений из карточки ГМ-10;

Ugms – таблица УГМС;

Cgms – таблица ЦГМС;

Kto – таблица типов организаций;

Territ – таблица территориальных кодов;

KlassifSpisok – таблица соответствия наблюдений по группам наблюдений.

Система формирования БД предназначена для занесения входной информации из карточек ГМ-10. Содержимое карточек ГМ-10 заносится в таблицы Goskom_gen и Klassif_gen. Таблица Klassif_gen содержит сведения о проводимых работах и наблюдениях.

В терминологии описания таблиц в среде СУБД Oracle таблица Goskom_gen определена следующим образом:

```
CREATE TABLE Goskom_Gen (
Kto          NUMBER(2,0) NOT NULL,  -- Тип организации
Ugms         NUMBER(2,0) NOT NULL,  -- УГМС
Pn           NUMBER(3,0) NOT NULL,  -- Номер внутри
Category     NUMBER(1,0) NOT NULL,  -- Разряд
```

Name	VARCHAR2(58),	-- Имя станции
Cod1_Water	NUMBER(9,0),	-- Код1 водного объекта
Cod2_Water	NUMBER(9,0),	-- Код2 водного объекта
Name_Water	VARCHAR2(36),	-- Имя водного объекта
Basic	NUMBER(1,0),	-- Реперная/Вековая станция
Wmo	NUMBER(1,0),	-- WMO
Ktr	NUMBER(2,0),	-- Труднодоступная станция
Station_ID	VARCHAR2(5),	-- Синоптический индекс станции
Meteo	VARCHAR2(10),	-- Общесоюзный номер метеорологического пункта
Gidro	ARCHAR2(5),	-- Общесоюзный номер гидрологического пункта
Agro	VARCHAR2(5),	-- Общесоюзный номер агромет. пункта
Lat	NUMBER(6,2),	-- Широта
Lon	NUMBER(7,2),	-- Долгота
Hm	NUMBER(4,0),	-- Высота метеоплощадки над уровнем моря в метрах
Hb	NUMBER(4,0),	-- Высота барометра над уровнем моря в метрах
Hgr	NUMBER(7,2),	-- Высота «0» графика гидрол. поста над уров. моря
в метрах		
Hor	NUMBER(7,2),	-- Высота основного репера над уровнем моря в метрах
Gihb	NUMBER(4,0),	-- Год изменения высоты барометра
Gihm	NUMBER(4,0),	-- Год изменения высоты метеоплощадки
Gihgp	NUMBER(4,0),	-- Год изменения высоты «0» графика гидрол. поста
Gihor	NUMBER(4,0),	-- Год изменения высоты основного репера
Rpmt	NUMBER(2,0),	-- Разность между поясным и московским временем
Donm	DATE,	-- Дата организации метеорол. наблюдений (DD MM
YYYY)		
Dong	DATE,	-- Дата организации гидрол. наблюдений (DD MM
YYYY)		
Donmr	DATE,	-- Дата организации морских наблюдений (DD MM
YYYY)		
Donae	DATE,	-- Дата организации аэролог. наблюдений (DD MM
YYYY)		
Donag	DATE,	-- Дата организации агромет. Наблюдений (DD MM
YYYY)		
Dnrm	NUMBER(4,0),	-- Дата (год) част. или полного нарушения репрезентатив.
Iko	NUMBER(9,0),	-- Изменение кода организации
Diko	NUMBER(4,0),	-- Дата (год) изменения кода организации
Dpm	NUMBER(4,0),	-- Дата (год) переноса метеоплощадки
Hpm	VARCHAR2(55),	-- Местоположение переноса метеоплощадки
Dpp	NUMBER(4,0),	-- Дата (год) переноса гидрологического поста
Hpp	VARCHAR2(20),	-- Местоположение переноса гидрологического поста
Din	NUMBER(4,0),	-- Дата (год) изменения названия станции
Nname	VARCHAR2(58),	-- Изменённое название станции
Adri	NUMBER(6,0),	-- Почтовый индекс станции
Adr	VARCHAR2(145),	-- Адрес станции на территории России
Kter	NUMBER(4,0),	-- Территориальный код станции

Teleph	VARCHAR2(10),	-- Телефон станции
Gps	VARCHAR2(49),	-- Адрес станции в пределах населённого пункта
Nnp	VARCHAR2(20),	-- Расстояние до ближайшего населённого пункта:
название		
Rnp	NUMBER(5,1),	-- Расстояние до ближайшего населённого пункта: км
Radio	VARCHAR2(30),	-- Тип собственной радиостанции
Poms	VARCHAR2(10),	-- Служебная площадь
Pomg	VARCHAR2(10),	-- Жилая площадь
Pomsg	VARCHAR2(10),	-- Служебно-жилая площадь
Pom1	VARCHAR2(10),	-- Другая площадь
Cgms	NUMBER(3,0),	-- Код ЦГМС
Els	VARCHAR2(20),	-- Электрификация служебных помещений
Elm	VARCHAR2(20),	-- Электрификация метеоплощадки
Zu	VARCHAR2(76),	-- Зем. участок(размер, кем и когда оформлено за-
крепление)		
Kos	VARCHAR2(76),	-- Кем организована станция
Period	VARCHAR2(228),	-- Периоды работы с указанием вида, разряда станции
Pmet	NUMBER(1,0),	-- Статус сетей:климатическая(метеорологическая)
Pmrl	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения радиологических наблюдений
Paer	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения аэрологических наблюдений
Pgid	NUMBER(1,0),	-- Статус сетей: гидрологическая
Pmor	NUMBER(1,0),	-- Статус сетей: морская
Pagr	NUMBER(1,0),	-- Статус сетей: агрометеорологическая
Pspc	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения специальных гидромет. наб-
людений		
Pgph	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения геофизических наблюдений
Pgel	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения гелиофизических наблюдений
Pzag	NUMBER(1,0),	-- Признак проведения наблюдений за загрязнениями
Pob	NUMBER(1,0),	-- Статус сетей: орг. в целом (только основная или доп.)
Prma	NUMBER(1,0),	-- Станция передана в Метеоагентство(0 – не перед,,
1 – перед.)		
Dprma	DATE,	-- Дата (год) передачи в Метеоагенство
Prkv	NUMBER(1,0),	-- Станция законсервирована(0 – не зак., 1 – зак.)
Dprkv	DATE,	-- Дата (год) когда станция была законсервирована
Date_Close	DATE,	-- Дата закрытия станции
Basic_Close	VARCHAR2(80),	-- Основание закрытия объекта (руководящий доку-
мент)		
Date_Write	DATE DEFAULT SYSDATE,	-- Дата записи станции в БД
DOpen_V	DATE,	-- Дата открытия для истории станций
DClose_V	DATE,	-- Дата закрытия для истории станций
RV	NUMBER(1,0),	-- Признак принад. станции к сети Росгидромета (0 –
да, 1 – нет)		
Serial_Num	NUMBER(5,0),	-- Порядковый номер станции в последовательности
Date_Open	DATE	-- Дата открытия станции

```

UNIQUE(DOpen_V,DClose_V,Serial_Num)
);

```

В терминологии описания таблиц в среде СУБД Oracle таблица Klassif_gen определена следующим образом:

```
CREATE TABLE Klassif_Gen (
Nom_line    NUMBER(2,0) NOT NULL,  -- Номер строки
Kto         NUMBER(2,0) NOT NULL,  -- Тип организации
Ugms       NUMBER(2,0) NOT NULL,  -- УГМС
Pn         NUMBER(3,0) NOT NULL,  -- Номер внутри
Category   NUMBER(1,0),          -- Разряд станции
Kter       NUMBER(4,0),          -- Территориальный код станции
Cgms       NUMBER(3,0),          -- Код ЦГМС
Meteo      NUMBER(6,0),          -- Метеорологические наблюдения
Mrl        NUMBER(6,0),          -- Радиологические наблюдения
Aero       NUMBER(6,0),          -- Аэрологические наблюдения
Gidro      NUMBER(6,0),          -- Гидрологические наблюдения
Morsk      NUMBER(6,0),          -- Морские наблюдения
Agro       NUMBER(6,0),          -- Агрометеорологические наблюдения
Spec       NUMBER(6,0),          -- Специальные гидрометеорологические. наблюдения
Geophis    NUMBER(6,0),          -- Геофизические наблюдения
Gelio      NUMBER(6,0),          -- Гелиографические наблюдения
Zagr       NUMBER(6,0),          -- Наблюдения за загрязнением
Date_Write DATEDEFAULTSYSDATE,   -- Дата записи станции в БД
DOpen_V    DATE,                 -- Дата открытия для истории станций
DClose_V   DATE,                 -- Дата закрытия для истории станций
Serial_Num NUMBER(5,0)           -- Порядковый номер станции в таблице учётных
карточек
UNIQUE(Nom_line,Kto,Ugms,Pn,DOpen_V,DClose_V,Serial_Num)
```

Структура базы данных основана на следующих принципах. Для обеспечения уникальности наблюдательных подразделений, каждому подразделению присвоен уникальный (сериальный) номер, который не несёт никакой информации из карточки ГМ-10, связанной с наблюдательным подразделением. Этот серийный номер, поле Serial_num, обеспечивает только уникальность ссылки на данное подразделение.

Для ведения истории по открытым и закрытым подразделениям в таблице Goskom_gen введены два поля: Date_Open и Date_Close, которые указывают на состояние подразделения. Оно может быть определено как действующее или как закрытое. Оба эти поля определяют временной интервал действия данного наблюдательного подразделения. Если дата открытия подразделения не известна, устанавливается дата как 0001-01-01. Если

По серийному номеру и датам начала и конца действия изменения можно проследить историю наблюдательного подразделения, а также получить состояние базы данных на любую дату. Для просмотра истории изменений в учётной карточке ГМ-10 в главном меню в режиме «Просмотр подразделений» имеется специальный пункт «История подразделений».

Результаты эксплуатации АСУНП в реальных условиях следующие:

- количество зарегистрированных пользователей системы составляет 2802;
- количество запросов за девять месяцев от начала 2021 года составляет более 2000.

В базу данных за первое полугодие внесено около 700 корректировок по содержимому карточек ГМ-10 и около 300 изменений в программе работ наблюдательных подразделений. Причиной такого количества правок является ежегодное изменение программы наблюдений и работ наблюдательного подразделения, изменение в программе работ в связи с отсутствием должного количества наблюдателей, выход из строя наблюдательных приборов. В последнее время много изменений по внесению информации по земельным участкам, уточнений координат наблюдательного подразделения.

Опыт эксплуатации показал, что централизованное ведение базы данных позволило избежать большого количества ошибок при её формировании.

Регулярно проводятся консультации и обучение специалистов УГМС по вопросам ведения учёта и отчётности наблюдательных подразделений.

Заключение

В настоящий момент разрабатывается новый вариант системы АСУНП (модернизированная). В этой системе будет расширен перечень данных сведений о наблюдательных платформах, улучшены пользовательский и графический интерфейсы, появится возможность оперативно в интерактивном режиме вносить и изменять сведения самими УГМС. Вопрос внесения изменений

на местах даже под контролем ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» является спорным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *РД 52.04.567–2003* Положение о государственной наблюдательной сети. Утверждён Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).
2. *РД 52.04.107–86* Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
3. *Разработать* автоматизированную систему учёта функционирования государственной наблюдательной сети. Заключительный отчёт, 2010, УДК 681.3.06:551.58, № регистрации 01 2008 09094.

УДК 551.501:551.515

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ДАНЫМИ ОБ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ФОНДА ДАННЫХ

А. А. Коршунов¹, В. М. Шаймарданов², М. З. Шаймарданов³

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

¹ korsh0254@yandex.ru, ² vlad@meteo.ru, ³ marsel@meteo.ru

Введение

Гидрометеорологическая информация имеет большое значение в деятельности социальной и особенно экономической системы страны. Для обеспечения населения, органов государственной власти, секторов экономики достоверной информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, её загрязнении на всей территории Российской Федерации, климатическими обобщениями необходимы качественные регулярные по времени и упорядоченные данные, освещающие возможно большую территорию за продолжительный период времени, а также они должны быть своевременно доступны.

Росгидромет обладает огромными пополняемыми на регулярной основе информационными ресурсами, а поэтому владеет мощным средством потенциального информационного воздействия на экономическую и социальную сферы деятельности России. В связи с этим вопросы повышения эффективности использования гидрометеорологической информации являются весьма актуальными.

Особенно это касается статистических данных и информации об опасных гидрометеорологических явлениях и неблагоприятных условий погоды, так как их использование позволяет сократить социальные потери, материальные и экономические ущербы. Поэтому пользователю необходима заблаговременная информация о наступлении неблагоприятных условий погоды (а тем более

опасных явлений), которая позволит выполнить необходимые меры защиты, для этого требуется система своевременного обеспечения.

Гидрометеорологические данные и информационная продукция Росгидромета (особенно прогнозы погоды и климатическая информация) широко используются при

- перспективном планировании экономического развития;
- проведении мероприятий, связанных со здравоохранением, улучшением экологической ситуации;
- организации мер защиты от стихийных природных бедствий, снижения воздействия опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды (НУП), которые наносят социальные потери (гибель людей и нанесение ущерба их здоровью), материальный ущерб населению и экономический ущерб и др. [11].

Именно поэтому начиная с 1997 года во ВНИИГМИ-МЦД по поручению руководства Росгидромета создана и ведётся база данных по ОЯ и НУП, нанёсших социальные потери, материальные ущербы населению и экономические ущербы [19]. В настоящее время эта база включает все сообщения и данные за 1991–2020 гг. и является официальной в соответствии с Руководящим документом [11]. Следует отметить, что в базу данных собираются сведения и данные из всех возможных различных источников, включая сведения об ОЯ, поступающие по каналам ГСТ. Принципы расчёта статистики были уточнены в [8].

ОЯ и НУП являются очень важными, поэтому создаётся единая технология организации сохранности и использования для научных исследований и обеспечения отраслей экономики ею и гидрометеорологической информацией в целом, которая описывается ниже в данной работе, с учётом имеющейся специфики [7].

Отличие заключается в том, что ОЯ и НУП поступают по каналам связи в центр обработки непосредственно после их образования в виде штормовых оповещений, а не месячными порциями. Они накапливаются на дисковом массиве и регулярно пополняются данными, полученными из сообщений управлений Росгидромета и других официальных источников, ведутся различные

статистические расчёты, научные исследования, анализ их влияния на различные отрасли экономики и пр. По завершении года эти данные с дискового массива перезаписываются в архив для долговременного хранения и использования при необходимости.

Влияние ОЯ и НУП на социально-экономическую систему, её развитие, а самое главное концентрация производственной и социальной активности в создающихся агломерациях часто приводят к тому, что воздействие гидрометеорологических факторов на население и экономику становится существенным, нередко крайне опасным и разорительным и угрожает устойчивому развитию социально-экономических систем (см., например, [1, 2, 4, 5, 6]).

Например, в мире по оценкам учёных и специалистов почти 70 % явлений, вызывающих стихийные бедствия, имеют гидрометеорологическое происхождение [11]. Так, например, по данным Мюнхенской перестраховочной компании Munich RE [20] за период с 1980 по 2016 год на земном шаре имели место 16 584 опасных явлений природного характера, причём 80 % из них относились к числу метеорологических или гидрологических явлений. Этот же источник утверждает, что совокупный ущерб от указанных явлений за рассматриваемый период составил около 4,3 триллионов долларов США. Компания Munich RE создала и поддерживает онлайн-инструментарий Natural Catastrophe Online Tool (<http://natcatservice.munichre.com/>), с помощью которого аналогичную информацию можно получить с детализацией по группам стран в зависимости от степени их экономического развития, по отдельным странам, а также за отдельные годы или за произвольные периоды.

Именно поэтому пользователю необходимы гидрометеорологические данные и информационная продукция Росгидромета, а также оперативная информация о наступлении неблагоприятных условий погоды (тем более опасных гидрометеорологических явлений), которые позволят выполнить предусмотренные регламентом меры защиты. В дальнейшем предусматривается проведение мероприятий по оптимизации инфраструктуры конкретной отрасли экономики (или её конкретного производства) с целью снижения экономических ущербов от воздействия условий погод.

В случае благоприятных условий погоды производственные организации могут настроить свою деятельность на получение максимальной экономической выгоды.

Разработанная и сформированная специалистами Гидрометеорологической службы информационная продукция должна долговременно и надёжно храниться в уникальном Едином государственном фонде данных Росгидромета о состоянии окружающей среды, её загрязнении (ЕГФД) [19]. При этом такое хранение должно вестись в удобных для доступа, обработки и отображения структурах и форматах, иметь средства их описания. Эта информационная продукция должна быть поддерживана информационными справочными системами, программными средствами и автоматизированными технологиями сбора, надёжного хранения, пополнения и обеспечения их доступности. Решение этих вопросов и составляет основу ведения **ЕГФД** или (кратко) **Фонда данных** [17, 19].

Долговременное хранение данных Фонда на машиночитаемых носителях осуществляется централизованно во ВНИИГМИ-МЦД. Именно поэтому во ВНИИГМИ-МЦД определены основные задачи развития Фонда.

Развитие Фонда данных является важной составной частью «Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учётом аспектов изменения климата)» [12, 13]. Рост числа пользователей ЕГФД является одним из индикаторов её исполнения. Поэтому наряду с обеспечением долговременной и надёжной сохранности Фонда данных на технических носителях определена также задача оперативного и целенаправленного доступа к ним широкого круга пользователей. При этом необходимо также развитие надёжных систем обеспечения пользователей статистическими данными по различным направлениям и неоперативной (режимной) гидрометеорологической, гелиогеофизической информацией, информацией о загрязнении окружающей среды, о состоянии и изменениях климатической системы.

Развитие систем оперативного обеспечения пользователей особенно статистическими данными рациональнее всего строить на основе специализированных информационных массивов ЕГФД,

так как в этом случае не будет нарушена система долговременного хранения. Это относится в первую очередь к специализированным базам данных Росгидромета, в частности к базе данных об ОЯ и НУП (как к одной из важных баз данных), которая в соответствии с рядом руководящих документов и методических указаний ведётся во ВНИИГМИ-МЦД [6, 10, 11, 17].

Цель настоящей статьи заключается в рассмотрении системы обеспечения пользователей гидрометеорологической информацией и данными об ОЯ и НУП и конкретных предложений по их доступности с учётом запросов различных пользователей.

1. Обеспечение надёжного и долговременного хранения данных об ОЯ и НУП в ЕГФД

При ведении Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, её загрязнении необходимо учитывать, что данные поступают из разных источников, организаций различных министерств и ведомств, стран (включая по акватории Мирового океана и поступающих по каналам ГСТ), в которых могут быть свои правила и форматы записи [15]. С ними выполняются все необходимые процедуры для включения в Фонд.

Следует отметить, что ВНИИГМИ-МЦД на регулярной основе ежедневно в круглосуточном режиме принимает всю информацию, которая циркулирует в глобальной системе телесвязи, обрабатывает и пополняет Фонд. При этом осуществляется контроль на полноту поступившей информации, и осуществляется перезапрос ошибочной или отсутствующей.

Для долговременной сохранности данных и более оперативного обеспечения ими пользователей необходимо было существенное улучшение технических и технологических возможностей системы хранения и обработки данных о состоянии природной среды [15, 16]. Это было обусловлено тем, что в последнее десятилетие во ВНИИГМИ-МЦД технические средства архивной системы не обеспечивали ни полноценного хранения данных, ни приемлемого времени доступа к ним, реальное время доступа к отдельным файлам могло достигать нескольких суток из-за их несоответствия современному уровню развития.

Для обеспечения надёжного и долговременного хранения гидрометеорологических данных в последние годы выбраны новые технические средства и программное обеспечение. Они позволяют обеспечить полноценную сохранность данных, а главное улучшить оперативность доступа широкого круга пользователей к информации. Практический уровень большинства результатов определяют мировой или ему соответствует.

На рис. 1 представлен общий вид роботизированной библиотеки, установленной во ВНИИГМИ-МЦД для обеспечения долговременного надёжного хранения гидрометеорологической информации.

Практический уровень большинства результатов определяют мировой или ему соответствует.

К настоящему времени в Фонде накоплено и надёжно хранится только во ВНИИГМИ-МЦД (данные также хранятся и в других НИУ Росгидромета) в архивной системе более 6 Тб (при этом более 40 % из них составляет метеорология).

Кроме того, данные имеются на картриджах и CD-ROM (более 20 Тб), малая часть спутниковых данных на лентах Exabyte, более 1 Пб данных, полученных в рамках международных проектов на различных технических носителях (магнитооптические диски, магнитные картриджи и др.) [13]. При этом необходимо учесть, что ежегодное увеличение данных составляет минимум: 700 Гб – информация с сети наблюдения Росгидромета, 200 Гб – поступает по каналам связи и более 8 Тб информации – с ИСЗ.

На рис. 2 представлены объёмы данных, имеющиеся на электронных носителях на конец 2020 года.



Рис. 1. Общий вид роботизированной библиотеки

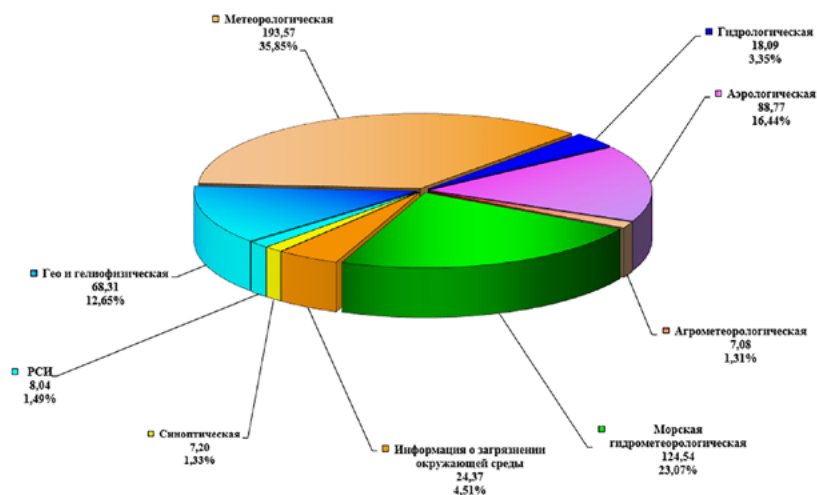


Рис. 2. Объёмы данных по видам наблюдений на электронных носителях (в Гбайтах) по состоянию на конец 2020 года

Необходимо также отметить, что в настоящее время в системе обработки текущей гидрометеорологической информации имеются процедуры автоматизированного контроля качества данных [3, 9, 12, 18]. Для обнаружения ошибок в данных используются различные методы проверки значений: относительно предельных, контроль по отклонениям, проверка с помощью дополнительных связей и пр.

Для повышения надёжности и улучшения систем обеспечения пользователей информацией, кроме того, налажено:

- расширение возможностей пользователей по доступу к данным для решения научных и практических задач (за счёт разработки и внедрения в работу фонда современных информационных технологий, в том числе интернет-технологий и защиты данных от несанкционированного доступа);
- автоматизированное ведение семейств справочных массивов по основным информационным ресурсам;
- обеспечение удалённого интерактивного доступа пользователей к сведениям о составе, структуре Фонда и удалённый санкционированный доступ к данным, находящимся на отсканированных документах;

- обеспечение оперативной подготовки и издания бюллетеней, отчётов, справок, позволяющих осуществлять своевременное и ретроспективное обеспечение пользователей сведениями о наличии и характеристиках информационных ресурсов фондов данных.

2. Построение системы оказания информационных услуг с использованием данных ЕГФД

Одной из основных задач Росгидромета является обеспечение широкого круга пользователей, включая педагогические учреждения и специалистов различных направлений практической, научной и исследовательской деятельности, гидрометеорологической информационной продукцией.

Потребности общества в информационной продукции постоянно значительно расширяются. Соответственно параллельно возрастают требования пользователей к разнообразию видов обеспечения, его точности и своевременности. В настоящее время пользователями информационной продукции являются все отрасли экономики России, органы государственной власти и управления, Вооружённые силы РФ, общественные организации, население.

Если рассматривать деятельность зарубежных гидрометеорологических служб, опыт международного сотрудничества и опыт отраслей экономики России повышение эффективности обеспечения состоит в безусловной необходимости комплексного решения задачи своевременного использования данных и информации.

Для существенного улучшения своевременного и качественного обеспечения пользователей и устранения имеющихся недостатков сложившейся за многие годы её системы кратко сформулируем основные принципы построения эффективной системы своевременного оказания информационных услуг по обеспечению пользователей гидрометеорологической информацией. При этом отметим, что многие виды гидрометеорологических данных и информации уже в настоящее время имеют доступ пользователей от одного до трёх дней в зависимости от сложности их запроса.

Система должна позволять [14] не только получать необходимые пользователю сведения в требуемые сроки с заданным качеством и полнотой, но и

- 1) предоставлять сведения о носителях, на которых ведётся в настоящее время хранение данных и информации, по требованию пользователя;

- 2) предоставлять возможность доступа к базам данных Фонда телекоммуникационными средствами;

- 3) обеспечивать оперативное взаимодействие с пользователем на стадии заключения договора и его выполнения;

- 4) обеспечивать информирование и рекламу по оказанию информационных услуг;

- 5) предоставлять возможность работы клиенту непосредственно в Фонде;

- 6) оперативно реагировать на устранение недостатков, обнаруженных пользователем (реакция на рекламацию).

Запросы пользователей могут выполняться с использованием данных, накопленных в ЕГФД, на различных электронных носителях (с применением программных средств автоматизированной системы создания и ведения Фонда), бумажных носителях, на микрофильмах.

Для каждого типа носителей разрабатываются (разработаны) свои конкретные системы своевременного обеспечения пользователей.

Данные и информационные массивы обычно поступают в архивную систему месячными, годовыми или иными порциями по определённой территории, и они хранятся в том виде, как поступили. Архив каждого вида имеет многофайловую структуру, что при решении конкретных задач обработки данных часто вызывает значительные трудности. Кроме того, постоянно формируются новые типы и виды информации и информационной продукции в зависимости от потребностей пользователей. По этой причине, для их обеспечения из архивных массивов создаются производные (специализированные) массивы, которые могут отличаться по составу данных, качеству, способу упорядочения по пространственно-временным признакам и другим показателям.

Все производные массивы также хранятся в Фонде данных независимо от их конкретизации.

В связи с появлением новых технических средств создана новая технология обеспечения пользователей. В ней напрямую не используются архивные данные, так как к ним в целях сохранности их качества и надёжности долговременного хранения доступ ограничен, поэтому на их основе создаются специализированные информационные массивы (базы) для определённой территории с конкретными элементами и явлениями в зависимости от решаемой задачи. Состав элементов и периоды наблюдений определены исходя из анализа имеющихся за много лет запросов пользователей. Для создания информационной базы данных из роботизированной библиотеки выгружают необходимые архивные файлы и производят выборку (импорт) данных средствами СУБД в соответствующую часть базы.

Одним из способов обеспечения пользователей является предоставление им возможности доступа к различным данным через веб-сайт. Особенно, если эти данные необходимы для непосредственного использования, например выдачи каких-либо справок или проведения небольших расчётов и т. д. Для этой цели специально на сайте ВНИИГМИ-МЦД разработана структура данных МЦД, по которой в разных разделах помещаются наиболее используемые данные, как зарубежными, так и нашими специалистами и учёными.

Отметим, что веб-сайт ВНИИГМИ-МЦД объединяет совокупность различных технологий, позволяющих обеспечивать пользователей различными видами гидрометеорологической информации. Данные, циркулирующие в этих технологиях, различны по форме и содержанию, а также по способу доступа.

Благодаря веб-сайту пользователь может получить доступ к метеорологическим и океанографическим данным отечественных и зарубежных наблюдений по земному шару и Мировому океану, гидрологическим, аэрологическим и т. д. Кроме того, через веб-сайт можно получить сведения об имеющихся данных в ЕГФД.

Таким образом, можно отметить, что веб-сайт ВНИИГМИ-МЦД является витриной по представлению данных ЕГФД и основных научных результатов.

3. О создании и развитии системы обеспечения статистическими данными об ОЯ и НУП

Одной из основных задач Росгидромета, как было отмечено выше, является обеспечение широкого круга пользователей гидрометеорологическими данными, прогнозами и информационной продукцией в целях оптимизации производственной деятельности, проведения научно-исследовательских работ, её использования в педагогической практике и обеспечения жизнедеятельности населения. Большую роль в этом играет ЕГФД.

При этом важную роль играют сведения и данные об ОЯ и НУП, т.к. их воздействие на экономическую и социальную систему оказывают существенное влияние. База данных об ОЯ и НУП по поручению руководства Росгидромета создаётся и ведётся во ВНИИГМИ-МЦД начиная с 1997 года, а поэтому считается официальной. В настоящее время она содержит сведения и данные за 1991–2020 гг.

На рис. 3 приведена статистика по числу случаев воздействия ОЯ и НУП в 1991–2020 гг., где также показаны тренды хода статистики.

Как видно, линейный тренд хода статистики $y = 12,517x + 181,78$, при этом достоверность тренда $R^2 = 75,77 \%$.

В то же время экспоненциальный тренд второго порядка $y = -0,5147x^2 + 28,474x + 96,676$ при достоверности $R^2 = 83,42 \%$ демонстрирует ещё большую достоверность приближения.

При этом экспоненциальный тренд показывает, что с 2011 года начались стабилизация и незначительное уменьшение числа случаев проявления на территории России опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды. Однако эта тенденция пока не устойчивая.

Со временем потребности общества в информационной продукции существенно расширились, и одновременно возросли требования пользователей к разнообразию видов обеспечения,

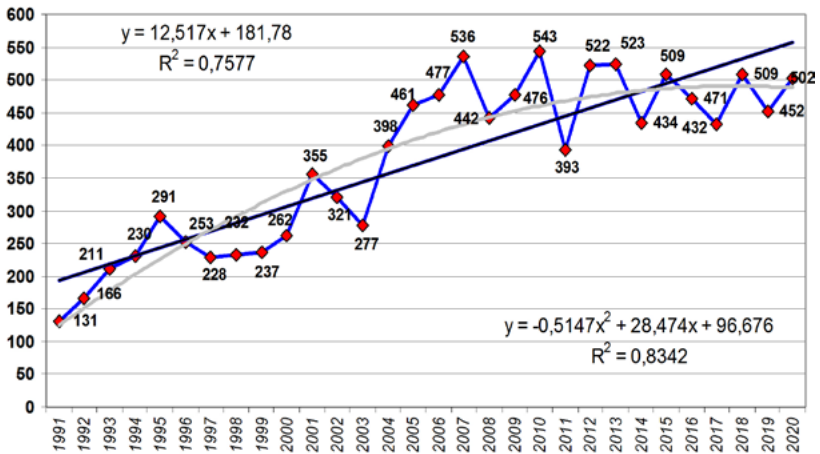


Рис. 3. Число случаев воздействия ОЯ и НУП в 1991–2020 гг.

его точности и, самое главное, своевременности. Пользователями гидрометеорологической информационной продукцией стали все отрасли экономики, органы государственной власти и управления, Вооружённые силы РФ, общественные организации, население.

Главный вывод из анализа деятельности отраслевого опыта по повышению эффективности обеспечения состоит в безусловной необходимости комплексного решения задачи использования информации и гидрометеорологической продукции.

Поэтому обеспечение пользователей информацией, находящейся в ЕГФД на различных носителях, предполагает выполнение традиционных рутинных действий по типу поиска документов в библиотечных системах. Полученный результат в виде требуемых сведений может быть представлен в виде копии документа на данном носителе либо в электронном виде. Это очень трудоёмкий и не технологичный процесс для ряда типов документов. Безусловно, всё это выполняется оперативно (в зависимости от запроса в течение 1–3 дней, в ряде случаев – дольше), но можно этот процесс ускорить и выполнять качественнее, если данные будут в электронном виде.

Для существенного улучшения обеспечения пользователей и устранения имеющихся недостатков сложившейся схемы

сформулируем основные принципы построения эффективной системы оказания информационных услуг по обеспечению пользователей гидрометеорологической информацией.

Система должна позволять [14] (основные принципы):

- получать необходимые пользователю сведения своевременно, в требуемые сроки, с заданным качеством и полнотой;
- предоставлять сведения пользователям в требуемых форматах;
- предоставлять сведения на носителях по требованию пользователя;
- предоставлять возможность доступа к базам данных ЕГФД телекоммуникационными средствами;
- предоставлять возможности работы пользователю с полным набором данных, хранящихся в Фонде;
- оперативно реагировать на устранение недостатков, обнаруженных пользователем (реакция на рекламацию).

Данные и информационные массивы, создаваемые организациями Росгидромета, обычно поступают в архивную систему ЕГФД месячными, годовыми или иными порциями по определённой территории и хранятся в том виде, как поступили. Архив каждого вида имеет многофайловую структуру, что при решении конкретных задач обработки необходимых данных часто вызывает значительные трудности.

Как следствие этого для целей обеспечения пользователей создаются производные массивы, отличающиеся по составу данных, качеству, способу упорядочения по пространственно-временным признакам.

Такой подход особенно важен при рассмотрении статистических данных об опасных гидрометеорологических явлениях и неблагоприятных условиях погоды, которые наносят социальные и экономические потери и ущербы. Это обусловлено тем, что база данных об ОЯ и НУП, которая является в соответствии с Методическими указаниями [10] базой Росгидромета, в отличие от данных, получаемых из территориальных управлений по гидрометеорологии (УГМС) с гидрометеорологических станций и постов, создана и в дальнейшем ведётся во ВНИИГМИ-МЦД только с 1997 года.

Поэтому система своевременного обеспечения пользователей статистическими данными в настоящее время пока слабо развита.

В последнее время на основе данных об ОЯ и НУП, имеющих в ЕГФД, создаются специализированные массивы, ориентированные на конкретные задачи и исследования, наиболее часто используемые пользователями. Такой подход обусловлен также спецификой расчёта статистических данных. Более подробно специфика расчёта статистических данных рассмотрена в [8].

В ряде работ, опубликованных ранее авторами и другими специалистами, приводились статистические данные о воздействии ОЯ и НУП на различные отрасли экономики (в работах авторов рассматривалась статистика по каждой из 18 отраслей, на которые были отмечены воздействия) по годам. В то же время рассматривалось распределение числа случаев воздействия ОЯ и НУП по месяцам на все отрасли экономики и население в целом за различные периоды, а также воздействие по видам опасных явлений (1 – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури; 2 – осадки в зимний и тёплый периоды и т. д.). Такая статистика определяется на основе общей архивной базы данных, которая хранится в ЕГФД. Для этого до 2010 года была разработана и использовалась простая технология расчёта с учётом её специфики.

На основе этой же архивной базы данных можно рассчитывать статистику по видам экономической деятельности (определены ранее Общероссийским классификатором видов экономической деятельности и используется на практике). Такая статистика получила интерес у специалистов Росгидромета, занимающихся вопросами экономической полезности и эффективности информационной деятельности.

Однако анализ запросов пользователей показал, что им, помимо общей статистики, также необходима конкретная статистика. В частности, им нужна статистика по конкретным районам с разбивкой по субъектам Российской Федерации. Как правило, это касается территориальных управлений по гидрометеорологии (25 управлений), экономических районов (10) и федеральных округов (17). Подготовка такой статистики на основе архивной

базы данных вызывает технические трудности и занимает достаточно много времени.

Поэтому было принято решение о формировании специализированных (адресных) массивов, ориентированных на конкретные задачи пользователей, которые бы позволили построить новую технологию их обеспечения в оперативном режиме.

Это, в первую очередь, касается конкретных массивов по отраслям экономики. Здесь необходимо отметить, что по статистическим данным ВНИИГМИ-МЦД на первом месте с точки зрения числа случаев воздействия ОЯ и НУП на социально-экономическую систему в настоящее время определено распределение электроэнергии (2757 случаев воздействия ОЯ и НУП, нанёсших социальные и экономические потери и ущербы в 1999–2018 гг., статистика сохраняется и в настоящее время). На втором месте определена отрасль транспорт в целом (водный (морской и речной), воздушный, сухопутный (автотранспорт, железнодорожный транспорт), трубопроводный транспорт)) (2740 случаев). Кроме того, пользователей интересует статистика по сельскому хозяйству совместно с лесными хозяйствами (2590 случаев) как открытые производства для условий погоды. Кроме того, пользователей интересует статистика по конкретным отраслям. В частности, по авиации (243 случая в 1994–2015 гг.), теплосети и теплоэнергетики (в совокупности 367 случаев) и морскому хозяйству (109 случаев). Именно по этим комплексам и конкретным отраслям необходимо создавать в первую очередь специализированные массивы, которые позволят оперативно рассчитать статистику.

Кроме того, пользователей интересует статистика по видам экономической деятельности. Это в первую очередь транспорт и связь (водный транспорт: морской и речной; авиация; наземный транспорт: автотранспорт, железнодорожный и трубопроводный). Этот вид экономической деятельности занимает первое место с точки зрения экономической полезности информационного обеспечения: 36,7 % от общего экономического эффекта. На втором месте находятся производство и распределение электроэнергии, газа и воды: 34,2 %. И на третьем месте – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство.

По этим видам экономической деятельности также необходимо создавать в первую очередь специализированные массивы.

Для исследования влияния изменения климатических условий на проявление ОЯ и НУП, развития социально-экономической системы, которые по территории России в обоих случаях проявляются по различным аспектам, необходима статистика не по сформированным ранее группам явлений, а по конкретным явлениям. Это также требует создание специализированного массива.

Создание специализированных массивов потребует развитие технологии обеспечения пользователей статистическими данными. Однако это оправдано, так как при этом повышается своевременность их обеспечения, которая в большинстве случаев может достигать 1–3 дней.

Выводы

Влияние ОЯ и НУП на население и экономику становится существенным, нередко крайне опасным и разорительным и угрожает устойчивому развитию социально-экономических систем, поэтому очень важно наличие этих данных и доступность к ним.

Росгидромет, обладая огромными, пополняемыми на регулярной основе информационными ресурсами, владеет мощным средством потенциального информационного воздействия на экономическую и социальную сферы деятельности России. В связи с этим вопросы повышения эффективности использования гидрометеорологической информации, особенно данных и сведений об опасных гидрометеорологических явлениях и неблагоприятных условий погоды, являются весьма актуальными.

Эти данные, сведения и другая гидрометеорологическая информация должны быть своевременно доступны.

Для развития системы оперативного обеспечения пользователей статистикой в настоящее время необходимо на основе анализа интересов пользователей создавать специализированные массивы, в первую очередь специализированные массивы, которые позволяют оперативно рассчитать статистику. Так, например, для исследования воздействия ОЯ и НУП на социально-экономическую систему необходимы специализированные массивы по

комплексам и конкретным отраслям. Для исследования влияния изменения климатических условий на проявление ОЯ и НУП необходима статистика по конкретным явлениям, а для этого необходимы также специализированные массивы.

Другим важным аспектом развития системы обеспечения пользователей статистикой является совершенствование самой системы, которая была создана в начале 2010-х гг. Усовершенствованную систему можно построить на основе ориентации на специализированные массивы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедрицкий А. И., Коршунов А. А., Хандожко Л. А., Шаймарданов М. З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции // Метеорология и гидрология. 1999. № 3. С. 5–17.
2. 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.
3. Беспалов Д. П., Светлова Т. П. Научно-методические основы построения системы контроля режимной метеорологической информации // Труды ГГО. 1980. Вып. 435. С. 3–9.
4. Кобышева Н. В., Васильев М. П. Уязвимость социальной сферы регионов России к опасным гидрометеорологическим явлениям // Труды ГГО им. А. И. Воейкова. 2015. Вып. 578. С. 59–74.
5. Корнфорд С. Г. Социально-экономические последствия явлений погоды в 1996 г. // Бюллетень ВМО. 1997. Т. 46, № 4. С. 351–369.
6. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Создание базы данных об опасных явлениях для климатических исследований и обслуживания // Учёные записки РГГМУ. 2012. № 25. С. 79–85.
7. 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.
8. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З., Шамин С. И. Повторяемость опасных гидрометеорологических явлений, нанёсших социально-экономический ущерб в 1998–2017 гг. // Метеорология и гидрология. 2019. № 11. С. 13–19.

9. Пуголовкин В. В., Шаймарданов М. З. Автоматизированные системы и технологии сбора, обработки и накопления данных гидрометеорологических наблюдений // СПб: Гидрометеоздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. 2002. 226 с.

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. *Руководящий документ.* РД 52.88.699–2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. М.: Росгидромет, 2008.

12. *Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учётом аспектов изменения климата).* Утверждено распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 г. № 1458-р.

13. Шаймарданов В. М. Обеспечение сохранности и организация обслуживания данными, накопленными на бумажных носителях // Труды ГГО им. А. И. Воейкова. 2011. Вып. 563. С. 191–196.

14. Шаймарданов В. М. Развитие архивной системы данных о состоянии окружающей природной среды на базе современных технических средств // Труды ГГО им. А. И. Воейкова. 2011. Вып. 563. С. 179–190.

15. Шаймарданов В. М. Создание информационных ресурсов по гидрометеорологии и смежных с ней областях // Журнал «Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. Вып. 1(91). С. 32–36.

16. Шаймарданов В. М., Долгих С. Г. Разработка системы автоматизированного управления фондом гидрометеорологических данных архивной системы Росгидромета // Материалы научной конференции ITS. Минск. 2013. С. 28–29.

17. Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Развитие автоматизированной архивной системы Росгидромета // Учёные записки РГГМУ. 2014. № 36. С. 60–66.

18. Шаймарданов М. З., Веселов В. М., Стерин А. М., Шаймарданов В. М. Концепция модернизации архивной системы Мирового метеорологического центра // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. С. 3–37.

19. Шаймарданов М. З., Шаймарданов В. М. Единый государственный фонд данных // Труды 6-го Всероссийского метеорологического съезда. 2011. С. 74–85.

20. *Munich Re Group Annual Report 2012* // Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft. München. Germany. 2013. 310 p.

УДК 551.579:33

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В 2020 ГОДУ

А. Ю. Рыбанова¹, Л. Н. Воробьева²

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

¹ aribanova@meteo.ru, ² vorobeva@meteo.ru

Введение

Перспективы развития экономики зависят от динамики природных и экологических процессов, от периодически возникающих опасных стихийных бедствий. Проблемы, обусловленные воздействием экстремальных и опасных явлений природы на социальную и экономическую жизнь общества, влияют на результаты экономической деятельности страны, а уязвимость характерна для всей производственной сферы и её инфраструктуры.

Частота возникновения опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды оказывает воздействие на устойчивое развитие, которое является важнейшей целью стабильного социально-экономического развития отдельных стран, регионов и мира в целом [1–3].

Благодаря своевременной информации о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды социально-экономические структуры лучше подготовлены и менее уязвимы к воздействию опасных гидрометеорологических явлений. Поскольку использование гидрометеорологической информации является естественной потребностью жизнеобеспечения, то этим и объясняется признание её экономической полезности.

Согласно [4–8], экономическая полезность гидрометеорологической информации рассматривается как целевой экономико-метеорологический параметр обеспечения гидрометеорологической безопасности и максимального общественного блага. Информационная система гидрометеорологического обслуживания и взаимодействие

с пользователями гидрометеорологической информации позволит лицам, принимающим решения, минимизировать риски и использовать возможности в различных секторах экономики.

Необходимо отметить, что ценность прогнозов даже высокого качества определяется принятием более правильных решений как до наступления опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды, а также во время и после. Это требует от пользователей гидрометеорологической информации разработки высокоэффективного регламента погодохозяйственных решений и действий. В эссе [9] о природе добродетели в прогнозировании погоды Аллана Мерфи 1993 года говорится, что «... прогнозы не имеют внутренней ценности. Они приобретают ценность благодаря своей способности влиять на решения, принимаемые пользователями прогнозов». В этом заключается самая сложная производственная и социальная процедуры достижения полезности гидрометеорологических прогнозов.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с экономической оценкой полезности гидрометеорологических прогнозов с целью продемонстрировать ценность данных экономического эффекта от использования гидрометеорологической информационной продукции по видам экономической деятельности.

Оценка экономической полезности в 2020 году

Экономическая полезность системы Росгидромета затрагивает всю без исключения её деятельность с целью реализации информационной гидрометеорологической продукции. Методологическая база метеоролого-экономического обоснования полезности гидрометеорологических прогнозов заключается в необходимости более эффективного решения проблемы обеспечения гидрометеорологической безопасности посредством оптимальной реализации прогнозов в целях снижения ущерба и потерь по гидрометеорологическим причинам.

Увеличения ежегодных финансовых потерь в бюджете государств по причине произошедших опасных гидрометеорологических явлений непосредственно сказываются на показателях экономического развития и способны вызывать кризисы в мировой

экономической системе. Под ущербом понимается стоимость разрушенных или повреждённых материальных объектов, в то время как потери отражают изменения в финансовых потоках и включают не только экономическую, но и социальную и экологическую составляющие [10, 11].

К сожалению, оценка ущерба по гидрометеорологическим причинам в настоящее время является неполной. В качестве примера можно привести некоторые данные об ущербе.

В 2020 году на территории Российской Федерации отмечались 1000 опасных природных (гидрометеорологических) явлений, из которых 372 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (в 2019 году было соответственно 903 и 346 ОЯ) [12]. Анализ статистических данных показывает, что количество опасных природных чрезвычайных ситуаций возрастает ежегодно в среднем на 5 %, соответственно возрастают и экономические потери от них.

Согласно государственному докладу МЧС [13], на долю природных чрезвычайных ситуаций пришлось 31,4 % от общего числа ЧС, при которых погибло 4 человека, пострадало 4366 человек. Выплаты на ликвидацию последствий крупномасштабных природных чрезвычайных ситуаций в 2020 году составили 12,389 млрд рублей. По оценке экспертов, ежегодный экономический ущерб, возникший в результате стихийных бедствий и природных катаклизмов, в целом по стране может составлять не менее 60 млрд рублей.

В России пока только учатся подсчитывать климатические риски, а также последствия регулярных погодных изменений. Официальные данные МЧС об ущербе от природных чрезвычайных ситуаций, вызванных опасными гидрометеорологическими явлениями, не отражают реальный наносимый ущерб отраслям экономики. Связано это с тем, что в ФГУ ВНИИ ГОЧС разработана «Единая межведомственная методика оценки ущерба от ЧС техногенного характера, а также классификации и учёта чрезвычайных ситуаций». Но решение практических задач по оценке ущерба от природных ЧС с использованием этой методики в ряде случаев является затруднительным по ряду причин методологического характера.

Убытки от негативного воздействия стихии учитываются в составе внереализационных расходов (подп. 6 п. 2 ст. 265 НК РФ), но только при условии их документального подтверждения справкой метеорологической службы или МЧС (письмо Минфина России от 14.04.11 № 07-02-06/48).

По мнению авторов доклада [14] стоимость ущерба при существующих тенденциях увеличения экстремальных и опасных природных явлений на период до 2030 года может составить 1–2 % ВВП в год, а на отдельных территориях – по 5–6 % ВВП.

Всё это делает актуальной задачу более детальной оценки экономической полезности гидрометеорологической информации, полноту и достоверность которой определяют экономический эффект и эффективность.

Экономический эффект (ЭЭ) определяется как фактически сбережённые материальные средства хозяйствующего субъекта в результате использования гидрометеорологической информационной продукции (фактической погоды, прогноза или обобщённой климатической продукции) за вычетом затрат на приобретение этой продукции.

В настоящее время пользователи гидрометеорологической информации (различные отрасли экономики, население и т.д.) ориентируются на гидрометеорологическую информационную продукцию и используют в своей производственной и социальной деятельности. В большинстве случаев они сами определяют экономический эффект или подтверждают оценки организаций Росгидромета, которые представляются во ВНИИГМИ-МЦД.

Однако основным звеном системы Росгидромета, осуществляющим гидрометеорологическое обеспечение (ГМО) отраслей экономики и населения, являются УГМС. Они же определяют величину ЭЭ, получаемого обслуживаемыми хозяйствующими субъектами за счёт использования прогностической и режимно-аналитической продукции УГМС. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» на регулярной основе проводит анализ и обобщение поступающей от УГМС информации об экономическом эффекте, готовятся справочные материалы в разрезе УГМС и отраслей экономики.

Динамика изменения ЭЭ в ценах текущего года и в ценах базовых 2009 и 2020 гг. показана на рис. 1.

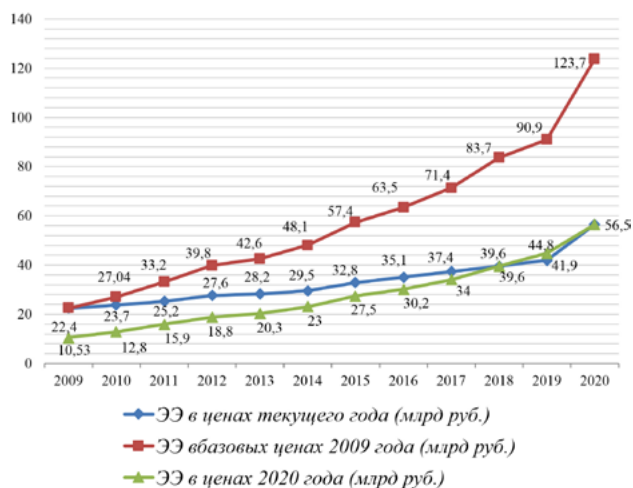


Рис. 1. Тенденция изменения экономического эффекта в текущих ценах и в базовых ценах 2009 и 2020 гг.

Экономический эффект в ценах базовых 2009 и 2020 годов, рассчитан через индекс-дефлятор – коэффициент, рассчитанный Росстатом ([https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4\(1\).htm](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4(1).htm)).

В таблице приведён индекс-дефлятор по годам в базовых ценах 2009 и 2020 годов.

Т а б л и ц а

Индекс-дефлятор по годам в базовых ценах 2009 и 2020 гг.

Год	Индекс-дефлятор для расчёта значений в ценах 2009 года	Индекс-дефлятор для расчёта значений в ценах 2020 года
2009	1	0,47
2010	1,14	0,54
2011	1,32	0,63
2012	1,44	0,68
2013	1,51	0,72
2014	1,65	0,78
2015	1,78	0,84
2016	1,83	0,86
2017	1,92	0,91
2018	2,11	0,96
2019	2,17	1,07
2020	2,19	1

Количественная оценка социально-экономических выгод, связанных с гидрометеорологической информацией, как правило, направлена на изучение вопроса о том, приносят ли инвестиции в гидрометеорологическое обслуживание значительную прибыль.

Из рис. 1 видно, что точные прогнозы синоптиков, климатическая и другая аналитическая гидрометеорологическая информация в 2020 году сэкономили для России 56,5 млрд руб., что превысило аналогичный показатель 2019 года на 14,6 млрд руб. При этом экономический эффект за 12 лет (2009–2020 гг.) вырос в 5,5 раза в ценах базового 2009 года и в 5,4 раза в ценах базового 2020 года (2009–2020 гг.).

Это увеличение обусловлено не только ростом цен, но и расширением круга пользователей гидрометеорологической информации, подтверждающих экономический эффект, и рядом других факторов. Рост экономического эффекта достигается за счёт получения выгод и показывает содержательность обратной информации, а именно: насколько прогнозы и гидрометеорологическая информация были действительно полезны.

Необходимо отметить, что ЭЭ от использования информационной гидрометеорологической продукции отражает предотвращённый ущерб в отраслях экономики, полученный благодаря заблаговременности составления и доведения до пользователей прогнозов погоды и рациональности их использования при принятии соответствующих превентивных мер. Полезность прогнозов, таким образом, определяется посредством их реализации.

Оценка экономической полезности гидрометеорологической информации обычно включает оценку воздействия опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды на конкретные секторы экономики, такие как транспорт, энергетика или сельское хозяйство. Учреждениями Росгидромета ведётся постоянная работа по определению экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в разных отраслях экономики. На рис. 2 показано распределение ЭЭ от использования гидрометеорологической информации по основным видам экономической деятельности в 2020 году. Именно в этих видах деятельности в соответствии со статистикой

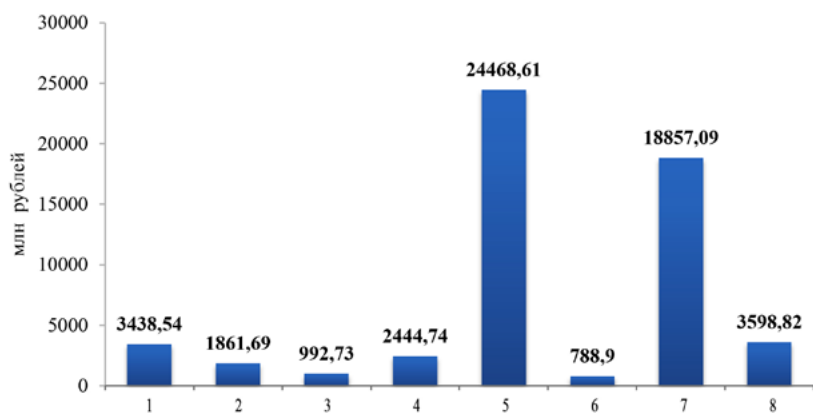


Рис. 2. Экономический эффект от использования гидрометеорологической информации по основным видам экономической деятельности в 2020 году:

- 1 – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство;
 2 – рыболовство, рыбоводство; 3 – добыча полезных ископаемых;
 4 – обрабатывающие производства; 5 – производство и распределение электроэнергии, газа и воды; 6 – строительство;
 7 – транспорт и связь; 8 – другие отрасли

Гидрометслужбы, которую ведёт ВНИИГМИ-МЦД совместно с УГМС, число случаев воздействия опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды, приводящих к социально-экономическим потерям и ущербам, являются наибольшими [см., например, 6].

Из рис. 2 видно, что наибольший экономический эффект в 2020 году достигнут от применения гидрометеорологической информации по видам экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» и «Транспорт и связь». По виду деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» ЭЭ составил 24,5 млрд рублей и по виду деятельности «Транспорт и связь», ЭЭ составил 18,9 млрд рублей. Следует отметить, что это не только основные погодозависимые, но и значимые отрасли для экономики России.

На рис. 3 показана доля основных погодозависимых отраслей экономики в экономическом эффекте от использования гидрометеорологической информации в 2020 году.

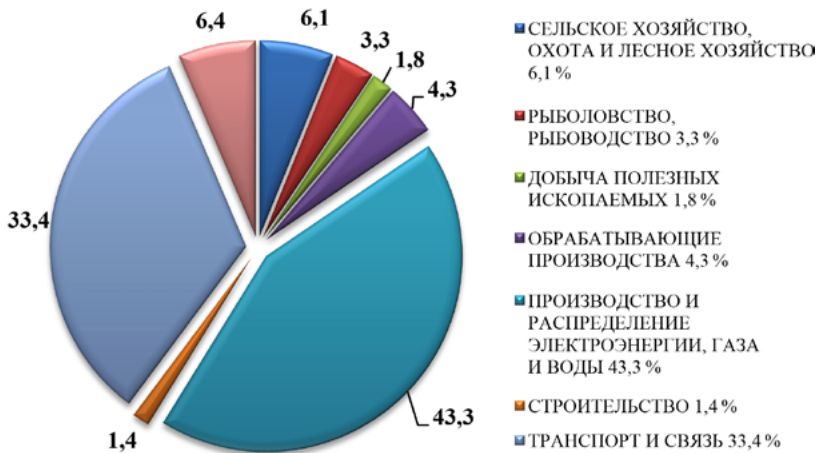


Рис. 3. Распределение ЭЭ по видам экономической деятельности в 2020 году

Наибольший экономический эффект в 2020 году достигнут от применения гидрометеорологической информации по видам экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» – 43,3 % и «Транспорт и связь» – 33,4 %. Таким образом, на два вида экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» и «Транспорт и связь» пришлось в 2020 году 76,7 % общего экономического эффекта.

Анализ данных ЭЭ по основным видам деятельности и их доли в экономическом эффекте позволяет своевременно обратить внимание на хорошо развивающиеся отрасли и увидеть те, которые по каким-то причинам далеко не полностью реализуют и получают выгоды от использования гидрометеорологической информации. Гидрометеорологические данные и информационная продукция Росгидромета выступает фактором достижения результативности деятельности погодозависимых предприятий в различных отраслях экономики. При этом оценка экономической полезности гидрометеорологической информации рассматривается как завершающий этап оптимизации прогнозов – достижения минимума потерь или максимума выгоды.

Заключение

В статье представлена комплексная оценка экономической полезности метеорологических прогнозов. Существует несколько причин оценки экономической ценности информационной деятельности Гидрометеорологической службы, к которым относятся:

- обоснование программ для лиц, принимающих решения (полезность осуществляется благодаря заблаговременности составления и доведения до пользователей прогнозов погоды и принятию ими соответствующих превентивных мер для достижения цели);

- оценка программ на предмет их экономической жизнеспособности;

- направление инвестиций в исследования для получения максимальной пользы для общества;

- разработка систем, в которых учитываются потребности пользователей гидрометеорологической информации при исследовании, разработке и реализации гидрометеорологических программ.

Значимость информационной деятельности Росгидромета и её вклад в устойчивое развитие экономики России оценивается экономическим эффектом от использования гидрометеорологической информации в производственно-хозяйственной деятельности её потребителей. Именно поэтому и в дальнейшем необходимо развивать методы и методики расчёта экономического эффекта по наиболее значимым видам экономической деятельности. Это важно для того, чтобы показать, что инвестиции в гидрометеорологию – это именно инвестиции, которые окупаются и дают возможность сохранить жизни людей и экономически более эффективно осуществлять производственную, хозяйственную и организационную деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Навстречу «Зелёной» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности.* Найроби (Кения); Женева (Швейцария); Москва (Россия): ЮНЕП, 2011. 738 с.

2. *Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.* ООН, Нью-Йорк, сентябрь 2015 г. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R.

3. *Жарче, суше, влажнее. Заглядывая в будущее* // Бюллетень ВМО. 2016. Т. 65. С. 4–12.
4. *Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 год* (с учётом аспектов изменения климата). Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 г. Москва.
5. *Коршунов А. А., Шаймарданов М. З.* О концепции гидрометеорологической безопасности экономики России: цели, основные задачи и показатели // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 169. С. 3–12.
6. *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.
7. *Хандожко Л. А.* Экономическая метеорология. СПб: Гидрометеоиздат, 2005. 490 с.
8. *Рыбанова А. Ю., Фокичева А. А., Коршунов А. А., Воробьёва Л. Н.* Экономическая ценность информационной деятельности Гидрометеорологической службы // Учёные записки РГГМУ. 2019. № 56. С. 38–49.
9. *Murphy Allan H.* What Is a Good Forecast? An Essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting // Weather and Forecasting 8. 1993. P. 281–293.
10. *World Bank* Natural Hazards, Unnatural Disasters: The Economics of Effective Prevention. Washington: World Bank and United Nation, 2010. P. 57.
11. *Порфирьев Б. Н.* Природа и экономика: риски взаимодействия. М.: Анкил, 2011. 352 с.
12. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год.* М., 2021. 104 с.
13. *Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году».* М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.
14. *Катцов В. М., Кобышева Н. В., Мелешко В. П., Порфирьев Б. Н., Ревич Б. А., Сиротенко О. Д., Стадник В. В., Хлебникова Е. И., Чичерин С. С., Шалыгин А. Л.* Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу. М.: РИФ «Д’АРТ», 2011. 252 с.

УДК 551.515 (470+571)

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, НАНЁСШИХ УЩЕРБ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. И. Шамин¹, А. Т. Санина²

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

¹ sha@meteo.ru, ² nai@meteo.ru

Введение

Деятельность Росгидромета в первую очередь направлена на снижение потерь от опасных гидрометеорологических явлений. В статье анализируются основные тенденции изменения частоты появления опасных гидрометеорологических явлений за период 2001–2020 гг., которые нанесли ущерб народному хозяйству, а также здоровью и благополучию населения страны. Необходимость и значимость такой информации можно объяснить использованием её с целью поддержки принятия решений в различных социально-экономических областях деятельности и, в частности, в отношении продуктов климатического страхования, а также при решении задач в научных исследованиях в области прикладной климатологии. Только за 2020 год по информации Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС), представленной в Государственном докладе «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году», материальный ущерб от природных чрезвычайных ситуаций составил 12 389,434 млн рублей, при этом погибло 4 человека и 4366 пострадало [1]. В том числе по отдельным видам чрезвычайных ситуаций ущерб составил: от заморозок и засухи – 6976,99 млн рублей, а от опасных гидрологических явлений – 3668,117 млн рублей и пострадало 2877 человек, от шквалов, ураганов, смерчей – 343,192 млн рублей и пострадало 1416 человек.

Метод обобщения сведений об опасных гидрометеорологических явлениях

Для обобщения и анализа сведений об опасных гидрометеорологических явлениях была использована база данных «Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России» (свидетельство о государственной регистрации № 2019621326, авторы: С. И. Шамин, Л. К. Бухонова, А. Т. Санина), описанная в [2]. Далее будем называть: база сведений об ОЯ.

В последние несколько лет проведена работа по пополнению и уточнению имеющихся в базе сведений об опасных явлениях (ОЯ), и, если необходимо, проводилась корректировка данных о нанесённом ущербе, а также виде и характеристиках ОЯ для каждого субъекта РФ. Заново были проанализированы сведения, полученные от управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета (УГМС). Привлечение архива данных наблюдательной сети Росгидромета, хранящейся в Едином государственном фонде данных, позволило подтвердить и уточнить характеристики метеорологических ОЯ, нанёсших ущерб в конкретном субъекте и в конкретный временной период. Так как сведения об ущербе в субъектах РФ от опасных природных явлений накапливаются в МЧС России, поэтому для формирования базы дополнительно привлекались ежедневные сводки чрезвычайных ситуаций и происшествий МЧС России. То есть проведена большая работа по детализации данных базы сведений об ОЯ. Необходимо подчеркнуть, что для формирования базы сведений об ОЯ использовалась и используется только информация из официальных источников (управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, МЧС, министерства и ведомства РФ, органы государственной власти).

В разные годы обобщение сведений об ОЯ для формирования базы проводили разные специалисты. С 2005 года в базу заносились сведения, которые после обобщения поступали от Росгидромета. В первую очередь учитывались количество и предсказуемость явлений, т.е. основной упор делался на явления и спрогнозированы ли они. Далее проводилось обобщение

по территории, на которых эти ОЯ наблюдались, и лишь затем учитывался ущерб от ОЯ. Таким образом, до 2014 года для пополнения базы использовался следующий метод обобщения: явления – территория – ущерб от явлений.

Начиная с 2014–2015 гг. база сведений об ОЯ формируется по другому принципу или используется другой метод обобщения. Устанавливается наличие ущерба в конкретных субъектах РФ, причём независимо от его количественных оценок (или ориентировочных размеров материального ущерба, приведённых в Рекомендациях по сбору, ведению и хранению сведений об опасных явлениях [3]). Анализируются опасные явления, произошедшие в каждом субъекте РФ в пределах конкретного УГМС в момент нанесения ущерба, и по нанесённому ущербу определяется ОЯ, которое его нанесло. Если одновременно наблюдалось несколько опасных явлений, но не удаётся точно определить, какое из ОЯ нанесло этот ущерб, считаем, что ущерб нанесён всеми наблюдавшимися опасными явлениями. Другими словами, получаем следующий метод обобщения: ущерб – субъект РФ – явления, нанёсшие этот ущерб. Такой метод позволяет легче и проще объединить данные наблюдательной сети Росгидромета с информацией об ущербе от природных опасных явлений из разных официальных источников.

Когда наблюдаются несколько ОЯ одновременно на территории нескольких субъектов РФ (одного УГМС), не всегда однозначно можно ответить на вопрос, в каком конкретном субъекте РФ зафиксирован тот или иной ущерб, и часто не хватает информации о том, какое или какие явления его вызвали. Для ответа на этот вопрос необходимо было привлекать информацию из дополнительных источников, что позволило полнее и точнее учитывать ОЯ с ущербом в субъектах РФ. А это особенно важно при формировании региональных планов адаптации к изменению климата на уровне субъектов РФ, в частности для формирования паспорта климатической безопасности территории каждого субъекта РФ, или зонировании территорий Российской Федерации по уровням риска чрезвычайных ситуаций природного характера [4].

Одновременно проведена корректировка базы сведений об ОЯ по последнему методу обобщения за ранние годы. За период с 1991 по 2004 год из-за неполной информации об ущербе от ОЯ в основном уточнены характеристика и виды ОЯ. Таким образом, к 2021 году база сведений об ОЯ оформилась с единым методом обобщения за весь период наблюдений начиная с 1991 года.

Необходимо отметить, что в предыдущие разные годы на статистические данные базы сведений об ОЯ в своих публикациях ссылались ряд авторов (например [5, 6, 7]). Эта статистика была получена для авторов по базе года написания статей. В последние годы база постоянно дополнялась и корректировалась, поэтому статистика в вышеупомянутых статьях отличается от статистики, приводимой далее. Она также отличается и от статистики, опубликованной самими авторами статьи ранее [8]. Именно поэтому было решено опубликовать результаты исследования основных тенденций появления ОЯ, нанёсших ущерб на территории РФ за последние годы, по обновлённой базе.

Тенденции появления опасных гидрометеорологических явлений

Рассмотрение общего количества опасных гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления) показало, что за период с 1991 года по январь 2021 года с учётом того, что комплекс неблагоприятных явлений (КНЯ) приравнивается к одному отдельному ОЯ (в дальнейшем по тексту при изложении статистики по явлениям это будет учитываться), наблюдалось более 11 300 ОЯ. И как отмечалось ранее [8], на территории Российской Федерации почти каждый день в году наблюдалось одно и более опасное гидрометеорологическое явление. Особенно это проявилось в 2010, 2007, 2013 и 2018 гг., когда было зарегистрировано соответственно 542, 542, 521 и 520 опасных явлений (рис. 1).

Дополненный и откорректированный многолетний ряд общего числа опасных явлений по годам был испытан на линейный тренд для выяснения тенденций частоты появления опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений погоды. На

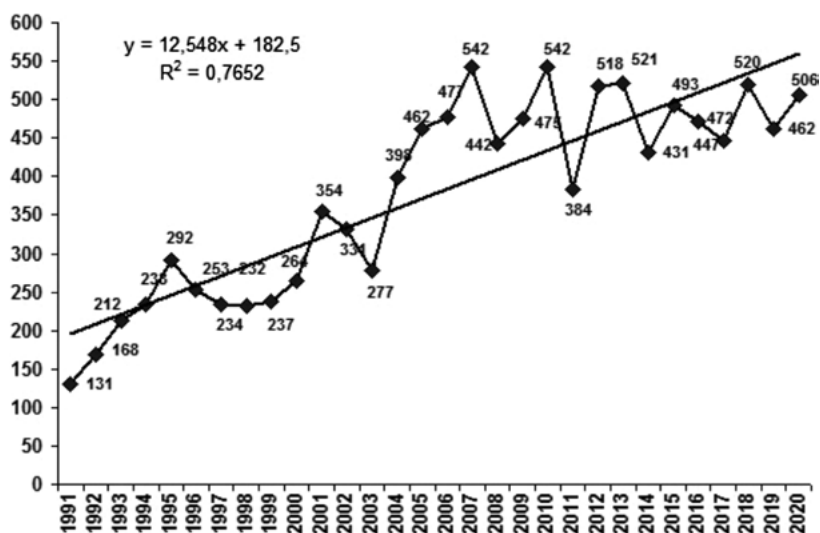


Рис. 1. Распределение общего числа опасных явлений по годам (с 1991 по 2020 год), нанёсших социальные и экономические потери

основе анализа получены уравнения, описывающие динамику этого временного ряда. Линейный тренд (доля объяснённой дисперсии составляет 0,7652) говорит о положительной тенденции – наблюдается рост частоты явлений по мере продолжения ряда наблюдений.

Это подтверждается и сравнительной оценкой среднего количества ОЯ по 10-летиям и 5-летиям изучаемого периода. В последнее 10-летие (2011–2020 гг.) наблюдалось 476 ОЯ, что на 10 % больше, чем в предыдущем десятилетии (2001–2010 гг.), где зафиксировано 430 ОЯ. Максимальное количество ОЯ в каждом из 10-летий, как правило, приходится на последние годы: в первом 10-летии – это 542 (2010 г.), во втором – 520 (2018 г.). Более подробный анализ среднего количества ОЯ по двум последним 5-летиям показывает, что разница между ними составляет всего 2 % – 470 (2011–2015 гг.) и 481 (2016–2020 гг.). То есть внутри последнего 10-летия есть рост среднего количества ОЯ, хотя и не существенный, но в целом подтверждается рост средней частоты появления ОЯ по мере продолжения временного ряда. Например,

в 2020 году зафиксировано 506 явлений, что выше среднего количества ОЯ в год за 30 лет (составило 377), выше за последние 20 лет (453) и выше за последние 10 лет (475).

Для оценки качественной стороны каждого из опасных явлений, которые приводят к экономическому и социальному ущербу, временные ряды их были испытаны на линейный тренд. Анализ показал, что линейный тренд, согласно доле объяснённой дисперсии, хотя и указывает на некоторый положительный рост количества явлений, однако имеет и большой разброс: для такого явления, как переувлажнение почвы, доля объяснённой дисперсии составляет 0,646 (умеренная оценка), а для большинства остальных явлений находится на уровне слабой или не тесной оценки. Например, для дождя доля объяснённой дисперсии равна 0,445, для суховея – 0,424, для КНЯ – 0,374 и для засухи почвенной – 0,336. Об этих явлениях можно сказать, что это явления с незначительным положительным трендом (рис. 2). Остальные опасные явления не имеют явно выраженных тенденций.

По характеру воздействия на природу и характеру нанесённого ущерба была выявлена схожесть рассматриваемых опасных явлений, что позволило объединить их в 10 групп, и в дальнейшем решено проводить анализ на частоту появления каждой из групп (как одного ОЯ) [8].

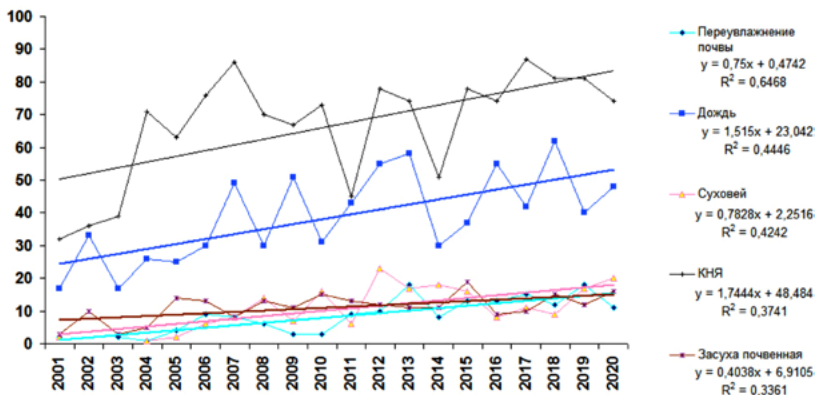


Рис. 2. Распределение количества опасных явлений: переувлажнение почвы, суховея, дождя, КНЯ и засуха почвенная по годам

Выделенные группы:

1. **Ветер** – Ветер, ураган, шквалы, смерчи, пыльные бури.
2. **Снег** – Сильный мокрый снег, сильный снег, сильный гололёд, сильная метель, налипание мокрого снега, сложные отложения, гололедица, снежные заносы, туман.
3. **Дождь** – Сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, крупный град, гроза.
4. **Жара + Мороз** – Сильная жара, сильный мороз, резкое повышение температуры, резкое понижение температуры, аномально низкая температура, аномально высокая температура, заморозки.
5. **Природные пожары.**
6. **Наводнения** – Половодье, паводок, затор, зажор, нагонные явления.
7. **Агрометеорология** – Переувлажнение почвы, суховей, засуха атмосферная, засуха почвенная, вымерзание растений, выпревание растений, раннее образование снежного покрова.
8. **Лавины, сели.**
9. **Гидрология** – низкая межень, раннее ледообразование, сгонные явления, наледи.
10. **КНЯ** – Комплекс неблагоприятных гидрометеорологических явлений.

За период с 2001 по 2020 год наиболее многочисленными по количеству ОЯ оказались три группы **Ветер** (1682), **Дождь** (1634) и **КНЯ** (1336) или более 51 % от общего количества ОЯ. **Наводнения** – на четвёртом месте с 882 ОЯ и **Агрометеорология** с 861 ОЯ – на пятом месте.

Почти во всех группах наблюдается хорошая связь с прогнозом, то есть количество наблюдаемых ОЯ почти совпадает с количеством предусмотренных, кроме групп **Ветер** и **Дождь** (где разница составляет 19 и 21 % соответственно), что хорошо видно на рис. 3.

Сравнительный анализ частоты появления выделенных групп по двум последним 10-летиям (2001–2010 и 2011–2020 гг.) показывает, что те группы, которые за 20 лет (2001–2020 гг.), согласно

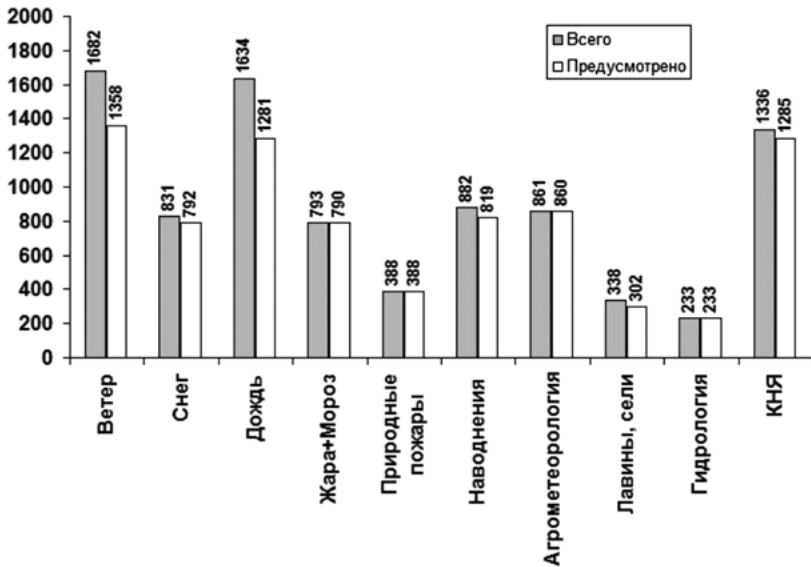


Рис. 3. Вклад (количество опасных явлений) каждой группы явлений в нанесённый ущерб за 2001–2020 гг.

диаграмме (рис. 3), были наиболее многочисленными, и в последнем 10-летию по сравнению с предыдущим имеют более высокие значения количества их появлений. Так, количество ОЯ группы **Дождь** увеличилось на 28 %, группы **Агрометеорология** – на 109 %, группы **КНЯ** – на 18 %, **Гидрология** и **Наводнения** – на 20 и 19 % (соответственно), группы **Ветер** – на 5 %.

Но есть группы, частота появления которых как опасных ОЯ в последнем 10-летию уменьшилась, и в отдельных случаях существенно. На 34 % реже проявляла себя группа **Снег**: почти в половину меньше наблюдалось метелей (56 %), гололёдно-изморозевых явлений, меньше было опасных снегопадов и туманов. Возможно как следствие этого – на 41 % меньше наблюдалось лавин и селей. Частота появления группы **Жара + Мороз** также уменьшилась почти на 6 %: более чем на треть сократилось количество морозов и почти в два раза увеличилось число аномально жарких дней. Это хорошо прослеживается при анализе табл. 1.

Таблица 1

**Распределение количества опасных явлений, нанёсших ущерб,
по группам за 2001–2020 гг.**

Год	Ветер	Снег	Дождь	Жара+ Мороз	При- родные пожары	Навод- нения	Агроме- теоро- логия	Лави- ны, сели	Гидро- логия	КНЯ
2001	89	33	65	35	12	51	11	17	3	32
2002	53	27	59	31	6	64	15	22	6	36
2003	76	41	42	14	8	17	7	15	17	39
2004	86	69	65	21	6	43	10	15	9	71
2005	78	69	66	25	19	53	32	31	17	63
2006	74	43	74	52	22	55	44	24	6	76
2007	116	60	111	40	21	32	35	25	10	86
2008	83	35	75	52	30	9	42	20	20	70
2009	64	54	92	58	29	37	35	27	7	67
2010	104	69	66	81	24	41	47	17	11	73
2011	65	34	84	22	26	28	47	16	13	45
2012	88	42	101	45	21	39	67	21	16	78
2013	91	40	108	24	13	67	75	19	8	74
2014	83	38	70	40	20	57	54	7	9	51
2015	101	32	74	39	25	58	67	9	11	78
2016	67	34	100	49	18	48	46	15	18	74
2017	87	25	88	49	13	27	53	9	10	87
2018	95	26	121	35	16	64	59	9	13	81
2019	73	32	82	38	27	46	55	13	15	81
2020	111	28	91	43	32	46	60	7	14	74

При анализе частоты появлений каждой из групп (как опасного ОЯ) в последних двух 5-летиях (2011–2015 и 2016–2020 гг.) было выявлено, что наибольшее их количество наблюдалось чаще всего в первой пятилетке. Существенное увеличение количества ОЯ во второй пятилетке было только в группах **Дождь** почти на 10 %, **КНЯ** – на 21 %, **Гидрология** – на 21 %, **Жара+Мороз** – на 25 %. Напрашивается вывод, что рост количества ОЯ внутри последнего 10-летия происходит за счёт результатов, полученных в первой пятилетке. Казалось бы, рост ОЯ от первой ко второй пятилетке последнего 10-летия замедлился, однако в целом тенденция к увеличению сохраняется.

Разберём для примера, какие явления группы **Агрометеорология** за последнее десятилетие (2011–2020 гг.) по сравнению предыдущим десятилетием (2001–2010 гг.) наблюдались чаще – более чем в два раза – 558 и 277 соответственно. Детализация явлений, входящих в группу **Агрометеорология**, показывает, что в последнем 10-летии по сравнению с предыдущим почти в 3,3 раза больше наблюдалось случаев переувлажнения почвы, в 2,8 раза – выпревания растений, в 2,5 раза – засухе. Стало больше засух атмосферных на 63 %, засух почвенных – на 35 %, и даже на 95 % увеличилась гибель сельскохозяйственных культур от раннего образования снежного покрова. Это как раз и объясняет рост частоты появления группы **Агрометеорология**, а табл. 2 демонстрирует количественные и качественные составляющие этой группы.

Таблица 2

Распределение по 10-летиям и 5-летиям количества опасных явлений, входящих в группу Агрометеорология за 2001–2020 гг.

Тип ОЯ	2001–2005 г.	2006–2010 г.	2001–2010 г.	2011–2015 г.	2016–2020 г.	2011–2020 г.	2001–2020 г.
Переувлажнение почвы	9	29	38	58	69	127	165
Сухой	5	51	56	80	65	145	201
Засуха атмосферная	18	25	43	40	30	70	113
Засуха почвенная	35	60	95	66	62	128	223
Вымерзание растений	1	12	13	8	6	14	27
Выпревание растений	3	10	13	19	18	37	50
Образование снежного покрова	4	15	19	21	16	37	56
ИТОГО	75	202	277	292	266	558	835

Общее число всех опасных гидрологических явлений (ОГЯ), входящих в группы **Наводнения** и **Гидрология**, в последнем десятилетии (2011–2020 гг.) по сравнению с предыдущим десятилетием (2001–2010 гг.) увеличилось на 9 %. Количество опасных наводнений в половодье увеличилось на 37,3 %, заторных наводнений – на 13,3 %, опасных паводков – на 11,4 %. Число опасных нагонных наводнений уменьшилось на 40 %, а селей – на 35,8 % (табл. 3).

Следует отметить тенденцию возрастания числа наводнений в паводки и числа случаев низкой межени при рассмотрении опасных гидрологических явлений по их типам в субъектах РФ по пятилетним периодам: 2011–2015 и 2016–2020 гг. Так, в последнее пятилетие число наводнений в паводки увеличилось на 15 %, число случаев низкой межени – на 18 %.

Таблица 3

Изменение числа опасных гидрологических явлений на реках России в субъектах РФ с учённым ущербом по пятилетним периодам за 2001–2020 гг.

Тип ОГЯ	Количество ОГЯ за периоды				Количество ОГЯ за 2001–2020 гг.
	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.	2016–2020 гг.	
Наводнения в половодье	95	47	105	90	337
Наводнения в паводок	109	92	104	120	425
Высокий уровень рек				2	2
Заторные наводнения	16	28	36	16	96
Зажорные наводнения	1	5		1	7
Нагонные наводнения	7	2	4	2	15
Сели	53	70	52	27	202
Низкая межень	50	52	54	64	220
Сгонные явления	2	1	3	5	11
Общее число всех ОГЯ	333	297	358	327	

Заключение

Проведённый статистический анализ частоты появления опасных гидрометеорологических явлений, нанёсших ущерб на территории Российской Федерации за 2001–2020 гг., показывает, что количество зафиксированных опасных явлений имеет тенденцию к увеличению. В последнее 10-летие (2011–2020 гг.) наблюдается рост ОЯ в пределах 10 % по сравнению с предыдущим десятилетием (2001–2010 гг.). Однако в двух последних пятилетках тенденции частоты появления опасных явлений, нанёсших ущерб, статистически не значимые.

Существенный рост опасных агрометеорологических явлений в последнем 10-летии по сравнению с предыдущим наблюдается за счёт увеличения переувлажнения почвы в 3,3 раза, выпревания растений в 2,8 раза, засухи в 2,5 раза.

Следует отметить тенденцию возрастания числа наводнений в паводки и числа случаев низкой межени при рассмотрении опасных гидрологических явлений по их типам в субъектах РФ по пятилетним периодам: 2011–2015 и 2016–2020 гг. Так, в последнее пятилетие число наводнений в паводки увеличилось на 15 %, число случаев низкой межени – на 18 %.

Результаты анализа свидетельствуют, что по-прежнему наиболее многочисленными по количеству ОЯ оказались три группы – **Ветер, Дождь** и **КНЯ** – и что **КНЯ** необходимо полнее учитывать как фактор, влияющий на нанесение материального и социального ущерба наравне с другими видами опасных гидрометеорологических явлений.

Ежегодное обновление базы сведений об ОЯ и размещение на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» выборки из базы по субъектам РФ с её описанием (<http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatny-usloviya-pogody-nanosshie-ekonomicheskie-poteri>) позволяет обеспечить свободный доступ к данным для всех заинтересованных специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году»*. Москва, 2021. 264 с.
2. *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.
3. *Рекомендации по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях*. Обнинск, 2009. 11 с.
4. *Фалеев М. И., Малышев В. П., Быков А. А., Кондратьев-Фирсов В. М.* Методологические подходы к зонированию территорий Российской Федерации по уровням риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015, Т. 5, № 1. С. 67–90.

5. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Создание базы данных об опасных явлениях для климатических исследований и обслуживания // Учёные записки РГГМУ. 2012. № 25. С. 79–85.

6. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Об организации обслуживания потребителей данными об опасных гидрометеорологических явлениях и неблагоприятных условиях погоды // Учёные записки РГГМУ. 2017. № 46. С. 100–110.

7. Коршунов А. А., Шаймарданов В. М., Шаймарданов М. З. Система накопления и обработки данных об опасных гидрометеорологических явлениях в России // Метеорология и гидрология. 2019. № 25. С. 86–92.

8. Шамин С. И., Санина А. Т. Основные тенденции изменения частоты появления опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 42–50.

УДК 551.501:004

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ И ПОЛУЧЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ CliWare 2.1 – МЕТОДИКА РАСЧЁТОВ ОБОБЩЁННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

***А. В. Беспрозванных¹, Р. А. Шерстюкова²,
Н. Л. Ульянич³, Л. Н. Сенова⁴***

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

¹ alexander@meteo.ru, ² clicom@meteo.ru,

³ uljanich@meteo.ru, ⁴ senova@meteo.ru

Введение

Программа «Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции» (далее – CliWare 2.1) предназначена для автоматизированной обработки, отображения, хранения и передачи гидрометеорологической информации (ГМИ), а также для получения климатической продукции. Одной из важнейших функций системы является работа с текущей метеорологической информацией, поступающей по каналам связи и загружаемой в систему посредством клиентского приложения Archive. О видах загружаемых архивов подробно сказано в работе [1]. Создание многолетних рядов данных позволяет решать не только текущие или оперативные задачи, но и заниматься исследованиями климата в долгосрочной перспективе.

Принципы выборки данных при расчётах

В настоящее время система обеспечивает выборку гидрометеорологической информации из базы данных и выполнение расчётов более чем по четырём тысячам гидрометеорологических характеристик на основе информации базы данных. В системе CliWare 2.1 принято считать за гидрометеорологическую характеристику любой вычисляемый параметр. Если, например,

у температуры воздуха надо вычислить среднюю величину, максимум и минимум, то в системе – это три характеристики одного метеорологического элемента. Вычисление каждой характеристики описывается определённым образом, как-то: тип обобщения (суточные, декадные, месячные выводы, многолетние характеристики, пользовательские задачи), коды привлекаемых к расчёту элементов, временные параметры, максимальные количественные оценки отсутствующих значений при решении того или иного подсчёта. Таким образом, каждая вычисляемая характеристика имеет свою уникальную функцию. Все данные об этой функции собираются из ряда таблиц, которые в системе CliWare 2.1 определены как системные. Таблица DataTable определяет имена таблиц и типов обобщений (коллекций данных), существующих в системе. Таблицы, начинающиеся с названия Elem (ElemCalc, ElemGts, ElemNorm, ElemTask, ElemTmc, ElemTmcc, ElemTmcd, ElemTmcm, ElemTmcc_Real, ElemTmcd_Real, ElemTmcm_Real), описывают коды и имена элементов, названия функций, формат вычисляемой характеристики. Таблицы, начинающиеся с названия ElemNames (далее название коллекции данных, например, ElemNamesCalc), описывают названия вычисляемых характеристик, связываясь по коду элемента в вышеперечисленных таблицах с названием кода элементов в таблицах, начинающихся с названия Elem. Таблица FuncDef включает множество уникальных функций и параметров присущих каждой уникальной функции. Таблица FuncName определяет правильное название вычисляемой характеристики, связываясь с таблицей FuncDef через имя функции. Таблицы, начинающиеся с названия Table (далее название коллекции данных, например TableCalc), описывают названия таблиц, колонок, кодов элементов и временных имён.

Таким образом, в системе CliWare 2.1 любая вычисляемая характеристика получает все необходимые параметры для расчёта из вышеперечисленных системных таблиц. Принципиально важным было решение о соответствии расчётов суточного, декадного, месячного обобщений в системах CliWare 2.1 и Персона [2].

Методика получения обобщённых характеристик метеорологических величин – суточные выводы

Суточные выводы содержат средние, экстремальные и суммарные значения метеорологических величин и их характеристик за конкретные метеорологические сутки. Для отдельных метеорологических величин и их характеристик (высота снежного покрова, состояние подстилающей поверхности и др.) в качестве суточных выводов используются результаты наблюдений в конкретный срок. Суточные выводы получают по результатам наблюдений за одни метеорологические сутки, которые в большинстве районов страны не совпадают с гражданскими сутками. Начало метеорологических суток определяется географическим местоположением станции. Методика получения суточных обобщений метеорологических элементов описана в [3].

Среднее суточное значение метеорологических величин или их характеристик вычисляется как среднее арифметическое из ряда наблюждённых значений величины:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x}{n}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где n – число наблюдений за сутки, $\bar{x}$ – среднее значение.

Максимальное (минимальное) значение метеорологических величин за сутки выбирается как наибольшее (наименьшее) значение из наблюдений за все сроки. Причём для максимума и минимума температуры воздуха и температуры поверхности почвы в расчёт берутся и данные предыдущих суток.

По влажности воздуха рассчитываются следующие характеристики: минимальная температура точки росы, среднее парциальное давление водяного пара, средняя относительная влажность воздуха, минимальная относительная влажность воздуха, средний дефицит насыщения водяного пара, максимальный дефицит насыщения водяного пара.

По атмосферному давлению рассчитываются среднее атмосферное давление на уровне станции, среднее атмосферное давление на уровне моря.

Облачность представлена характеристикой общей облачности и характеристикой нижней облачности. Характеристика облачности за сутки не определяется, если количество облаков хотя бы в один из сроков забраковано или не определено по погодным условиям.

По ветру рассчитываются: средняя скорость ветра (вычисляется по значениям средней скорости ветра в сроки наблюдений), максимальное значение скорости ветра (выбирается из значений средней скорости ветра в единые сроки наблюдений), абсолютный максимум скорости ветра (выбирается из всех значений скорости ветра, включая порывы). При вычислении средней скорости ветра за сутки допускается отсутствие значения за один срок наблюдения.

Атмосферные осадки представлены суммарным количеством осадков, измеренных в установленные сроки за сутки. В случае, когда осадки выпали, но в осадкомерном сосуде их не оказалось, количество осадков принимается равным 0,0 мм.

Снежный покров представлен степенью покрытия окрестности станции снегом (на выбранном участке вблизи станции) и высотой снежного покрова на метеорологической площадке. Значение высоты снежного покрова вычисляется как среднее по показаниям трёх снегомерных реек в утренний срок наблюдений; если забракован отсчёт одной рейки, то среднее вычисляется по показаниям двух реек; если забракованы показания двух реек, то в качестве средней берётся отсчёт по одной рейке.

Атмосферные явления – это сведения о наличии атмосферных явлений и продолжительность каждого атмосферного явления в течение метеорологических суток. Продолжительность атмосферного явления за сутки вычисляется путём сложения продолжительности отдельных периодов, когда явление наблюдалось непрерывно или с краткосрочными перерывами (не более 15 мин). При этом продолжительность периода вычисляется как разность времени окончания и начала явления. В случае, когда одновременно наблюдаются два явления или больше, продолжительность каждого из них вычисляется отдельно. Продолжительность атмосферных явлений вычисляется в минутах, а затем переводится в целые часы. При этом период времени меньше

30 мин принимается за 0 ч, а период 30 мин и больше – за 1 ч. Продолжительность атмосферного явления за сутки не вычисляется, если не ведутся круглосуточные наблюдения или хотя бы в одном случае (периоде) забраковано время начала или окончания атмосферного явления.

Температура почвы на участке без растительного покрова на глубинах 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 м: средняя температура почвы на каждой из глубин, вычисленная по значениям температуры на конкретной глубине в единые сроки наблюдений.

Температура почвы под естественным покровом на глубинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 м; 1,6; 2,4; 3,2 м: средняя температура почвы на каждой из глубин.

Средняя температура почвы на глубинах 0,2 и 0,4 м вычисляется по значениям температуры на соответствующей глубине в единые сроки наблюдений.

Важнейшим условием суточных обобщений является присутствие значений по всем срокам.

Расчёты климатических характеристик

Наиболее важной составляющей в обслуживании потребителей гидрометеорологической информацией является расчёт климатических характеристик на основе текущих метеорологических наблюдений. Месячные и декадные обобщения проводятся по результатам основных 8-срочных наблюдений, производимых на метеорологических станциях с соблюдением правил и алгоритмов осреднения, принятых в первичной системе обработки, накопления, анализа метеорологической информации станций на ПЭВМ ПЕРСОНА-МИС [4, 5].

Кроме того, осуществляется формирование месячных выводов по целому ряду метеорологических параметров:

- по числу дней с различными характеристиками (без оттепели, с морозом, с морозом на поверхности почвы, с относительной влажностью не более 30 %, не менее 80 %, ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности, со снежным покровом);
- по числу дней и повторяемостей форм облаков;
- по числу случаев по градациям облачности;

- по числу дней с атмосферными явлениями;
- по продолжительности атмосферных явлений в часах;
- по данным pluviографа;
- по числу дней с осадками по градациям;
- по числу дней с осадками (за ночь, за день, сумма, экстремумы);
- по результатам снегосъёмов по полю, по лесу, по балкам (запасы воды в снежном покрове);
- по температуре почвы на глубинах (число дней с морозом на глубинах, средняя, минимальная и максимальная температура на оголённой поверхности и под естественным покровом);
- по продолжительности солнечного сияния по гелиографу (за каждый час суток, среднее за день с солнцем, число дней без солнца, относительная и максимально возможная продолжительность солнечного сияния);
- по числу дней и повторяемостей горизонтальной видимости по градациям (градации до 1 км, от 1 до 6 км, от 6 до 10 км, выше 10 км);
- по числу случаев ветра, повторяемости ветра и средней скорости ветра по 8 румбам;
- по числу случаев ветра, повторяемости ветра, средней скорости ветра, сумме скоростей, сумме случаев по 16 румбам;
- по числу случаев по градациям скорости ветра.

Алгоритмы расчётов вышеперечисленных метеорологических параметров представлены в [2, 3].

Расчёт многолетних климатических характеристик по суточным, декадным и месячным обобщениям

Расчёт многолетних климатических характеристик производится по суточным обобщениям за каждый день расчётного периода, по декадным обобщениям – за каждую декаду расчётного периода, по месячным обобщениям – за каждый месяц расчётного периода.

По каждому метеорологическому параметру многолетнего суточного, декадного, месячного обобщения вычисляются следующие характеристики:

- количество лет, за которое рассчитан данный метеорологический параметр;
- среднее значение метеорологического параметра (за каждый день многолетнего периода, если это суточное обобщение; за каждую декаду многолетнего периода, если это декадные выводы; за каждый месяц многолетнего периода, если это месячное обобщение);
- максимальное значение метеорологического параметра и дата этого события из всего периода;
- минимальное значение метеорологического параметра и дата этого события из всего периода.

Пользовательские задачи

При большом и разнообразном объёме метеорологических данных, загруженных в систему CliWare 2.1, естественным образом возникает потребность не только в визуализации этих данных, но и в решении конкретных задач с применением этих данных и алгоритмов их обработки. Так появился целый список наиболее актуальных задач прикладного характера для целей метеорологического обеспечения и исследовательского характера в областных центрах по гидрометеорологии, некоторых научно-исследовательских организациях и в ряде стран ближнего зарубежья (СНГ). В настоящее время в системе CliWare 2.1 реализованы 43 задачи по суточным, декадным, месячным и срочным данным. В составлении списка задач большое участие приняли заслуженный метеоролог РФ доктор географических наук профессор Н. В. Кобышева из ГГО им. Воейкова и климатологи Республиканского гидрометеорологического центра республики Беларусь (М. А. Гольберг, Г. В. Волобуева и др.) [6], которым авторы статьи выражают свою глубокую признательность. Более подробно эти задачи и их алгоритмы описаны в [1].

Обобщение из оперативных данных

В случае подключения комплекса приёма и обработки информации, поступающей по каналам связи, системе CliWare 2.1 доступны оперативные данные. Такая возможность предполагает

использовать эти данные для оперативного обслуживания потребителей метеорологической информацией. В системе реализованы суточное, декадное, месячное обобщения из оперативных данных (SYNOP – приземные наблюдения с фиксированных наземных станций).

Для суточного обобщения из оперативных данных задействованы следующие элементы: средняя температура воздуха за сутки, отклонение от нормы средней температуры воздуха, максимальная температура воздуха, максимальная температура воздуха за сутки, минимальная температура воздуха, минимальная температура воздуха из телеграммы в 5-м разделе, минимальная температура воздуха за ночь, температура воздуха на высоте 2 см в 5-м разделе утренний срок 1, температура воздуха на высоте 2 см в 5-м разделе утренний срок 2, минимальная температура почвы, состояние поверхности почвы, высота снежного покрова, состояние снежного покрова, преобладающее направление ветра, максимальная скорость ветра из 911 гр. за 4 ночных срока, максимальная скорость ветра из 911 гр. за 4 дневных срока, максимальная скорость ветра из 911 гр. за 3 ночных срока, средняя скорость ветра, максимальная скорость ветра из 8 сроков (911 гр.), продолжительность солнечного сияния, радиоактивность, погода, осадки за ночь, осадки за день, осадки за сутки дневные, осадки за сутки ночные, средний дефицит влажности, максимальный дефицит влажности, средняя относительная влажность, минимальное значение относительной влажности, характеристика общей облачности.

Для декадного обобщения из оперативных данных задействованы следующие элементы: средняя температура воздуха, отклонение средней температуры воздуха от нормы, максимальная температура воздуха, минимальная температура воздуха, минимальная температура поверхности почвы, сумма осадков, процент осадков за декаду к норме, суточный максимум осадков, средний дефицит влажности, максимальный дефицит влажности, средняя относительная влажность, минимальное значение относительной влажности, средняя скорость ветра, максимальная скорость ветра, число дней с осадками за сутки ≥ 1 мм, число дней

с осадками за сутки ≥ 5 мм, число дней с максимальным дефицитом влажности ≤ 3 мб, число дней с максимальным дефицитом влажности в 20–39 мб, число дней с максимальным дефицитом влажности ≥ 40 мб, число дней с относительной влажностью ≤ 30 , число дней с ветром ≥ 15 м/с, средняя из суточных максимальных температур воздуха, число дней с максимальной температурой воздуха больше 25°C , число дней с максимальной температурой воздуха больше 30°C , число дней с минимальной температурой воздуха меньше -20°C , число дней с минимальной температурой воздуха меньше -25°C , число дней с минимальной температурой воздуха меньше -30°C , число часов солнечного сияния.

Для месячного обобщения из оперативных данных задействованы следующие элементы: средняя температура воздуха, отклонение средней температуры воздуха от нормы, максимальная температура воздуха, минимальная температура воздуха, минимальная температура поверхности почвы, сумма осадков, процент осадков к норме, суточный максимум осадков, средний дефицит влажности, максимальный дефицит влажности, средняя относительная влажность, минимальное значение относительной влажности, средняя скорость ветра, максимальная скорость ветра, число дней с осадками за сутки ≥ 1 мм, число дней с осадками за сутки ≥ 5 мм, число дней с максимальным дефицитом влажности ≤ 3 мб, число дней с максимальным дефицитом влажности в 20–39 мб, число дней с максимальным дефицитом влажности ≥ 40 мб, число дней с относительной влажностью $\leq 30\%$, число дней с ветром ≥ 15 м/с.

Заключение

Таким образом, расчёты, производимые в системе CliWare 2.1, помогают пользователям оперативно решать множество задач метеорологического и климатического характера. Поскольку система является сетевой и ориентирована на использование веб-технологий, то её использование несёт в себе массу преимуществ в обслуживании потребителей оперативной, исторической и климатической информацией. Важным моментом технологии системы CliWare 2.1 является возможность ведения базы данных

по своей территории (загрузка, пополнение, создание таблиц с обобщёнными данными).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспрозванных А. В., Сенова Л. Н., Ульянич Н. Л., Шерстюкова Р. А. Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare 2.1 – область применения // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 164–181.
2. *Разработка* на базе ЕС ЭВМ автоматизированной подсистемы обработки, контроля и создания фонда памяти режимной приземной метеорологической информации. Промежуточный отчёт. УДК 551.501:681.3.067(98+99).
3. *РД 52.04.614–2000* Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. II. Обработка материалов метеорологических наблюдений СПб.: Гидрометеоиздат, 1996.
4. *Методические указания* по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации. Вып. 3, часть 1, раздел 1. Обнинск, 2000.
5. *Рекомендации* по расчёту специализированных климатических характеристик, 1977, СПб.: Гидрометеоиздат.
6. Гольберг М. А., Волобуева Г. В., Фалей А. А. Опасные явления погоды и урожай. Минск: Ураджай, 1988.

УДК 556.043:681.3.016

ПОДГОТОВКА СПРАВОЧНЫХ ИЗДАНИЙ ВОДНОГО КАДАСТРА ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Л. И. Яковенко¹, И. Л. Готовченкова², А. И. Шевченко³

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

¹ liv@meteo.ru, ² gil@meteo.ru, ³ ashevchenko@meteo.ru

Важнейшая задача учёта поверхностных вод суши – изучение гидрологического режима водных объектов. В конце XIX века начаты регулярные наблюдения за гидрологическим режимом водных объектов суши.

Были созданы пункты наблюдений, где производились (и производятся в настоящее время) измерения и наблюдения за уровнем воды, ледовой обстановкой и толщиной льда, температурой воды и воздуха, осадками, мутностью воды, расходами воды и взвешенных наносов, гранулометрическим составом наносов.

Постепенно создавалась единая методика производства наблюдений и обработки полученных данных.

Целью работ было обеспечение научных и хозяйственных организаций страны информацией о режиме водных объектов. Данные предоставлялись в виде ежегодных публикаций таблиц с результатами осреднения и обобщения данных наблюдений.

С 1936 года начата регулярная публикация наиболее часто используемых различными организациями при решении разнообразных задач результатов ежегодных наблюдений за режимом водных объектов в справочнике «Гидрологический ежегодник» (ГЕ). В 1958 году было издано Наставление [1], устанавливающее единые формы таблиц и правила обработки данных для публикации в ГЕ. Справочник ГЕ представлял собой свод таблиц ежегодных сведений результатов наблюдений за наиболее важными элементами гидрологического режима на водных объектах суши: уровни, температура и расходы воды, расходы взвешенных

наносов и мутность воды, ледовые явления и толщина льда. В годы, кратные пяти, добавлялись таблицы многолетних характеристик по уровням воды, ледовым явлениям и ежедневным расходам воды. Включались обобщённые характеристики за период наблюдения не менее 10 лет.

По мере накопления данных гидрологических наблюдений в 1960-е гг. дополнительно начата публикация справочного издания многолетних данных «Основные гидрологические характеристики» (ОГХ). Пользователям гидрологической информации предоставлялись не только результаты данных ежегодных наблюдений, но и обобщённые за многолетний период наблюдений режимные гидрологические выводные характеристики.

В 1970-е гг. в соответствии с требованиями водного законодательства страны началась разработка системы Государственного водного кадастра (ГВК) [2, 3]. Цель создания Государственного водного кадастра – обеспечение народно-хозяйственных организаций данными о водных ресурсах страны, повышение оперативности получения этих данных и предоставления пользователям, усиление согласованности между ведомствами, которые занимаются изучением, учётом и использованием водных ресурсов. Данные учёта вод по количественным и качественным показателям, данные учёта использования вод составляют основу Государственного водного кадастра (ГВК).

Изучение режима и качества поверхностных вод, предоставление пользователям необходимой информации обеспечивают подразделения наблюдательной сети по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Обеспечение пользователей гидрологической информации режимными данными о водных объектах включало две основных формы:

- публикации ГВК, ведущиеся по установленным макетам (ГЕ, ОГХ);
- выдача требуемой информации по запросам.

Публикации в системе ГВК оставались основной формой хранения материалов государственного учёта вод и обеспечения информацией пользователей.

Всё возрастающие требования народно-хозяйственных организаций к составу публикуемой информации, а также необходимость постепенного перехода к автоматизированному их получению потребовали уточнения форм, содержания и методов обобщения гидрологической информации на единой методической основе. Определены правила составления, редактирования и издания гидрологических данных.

С конца семидесятых годов материалы государственного учёта вод предоставляются пользователям в виде публикаций в табличной форме по установленной периодичности их издания:

- Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (ЕДС);
- Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (МДС).

Принятые формы табличной публикации данных строго регламентированы.

В ежегодно публикуемых справочных изданиях ЕДС помещаются результаты осреднённых в пределах гидрологического и календарного года данных измерений и наблюдений на действующей стационарной сети пунктов режимных гидрологических наблюдений [4]. Издание в основном является продолжением ранее публиковавшихся справочников «Гидрологический ежегодник».

Издание многолетних данных МДС содержит ежегодную обобщённую информацию (за последние пять лет или за весь период наблюдений) и выводные гидрологические характеристики за весь период наблюдений в конкретном пункте на водном объекте. Справочное издание многолетних данных должно было публиковаться с периодичностью пять лет в годы, кратные пяти, и являться продолжением ранее публиковавшихся справочников «Основные гидрологические характеристики» [5]. В действительности, из-за большой трудоёмкости и отсутствия ресурсов справочник МДС был опубликован только один раз в 1985 году с информацией по 1980 год.

В 1970-е гг. началась разработка методики и программного обеспечения автоматизированной обработки данных гидрологических наблюдений на водотоках (реках и каналах) [6, 7]. При

автоматизированной обработке гидрологических данных результаты измерений и наблюдений на речном гидрологическом посту заносятся в специализированные формы бланков (книжки, таблицы), и производится предварительная ручная обработка исходных измерений, которую нерационально производить автоматизированным путём. Формы бланков приспособлены для непосредственного перенесения регламентируемых данных на технический носитель. Предварительно на техническом носителе по каждому пункту наблюдения создаются справочные сведения, которые включают код поста, код водного объекта, их наименование, площадь водосбора и. т. п., а также предельные значения основных гидрологических элементов для последующего использования при контроле информации.

Издание справочников МДС потребовало создания и регулярного пополнения архива обобщённых гидрологических характеристик водотоков. Архив был создан в конце 1980-х гг. путём заполнения вручную специальных макетированных таблиц и дальнейшего занесения данных из этих таблиц на технический носитель [8]. Однако имеющиеся на тот момент технические и программные средства не позволили создать архив высокого качества и регулярно его пополнять.

В настоящее время разработаны и успешно используются технологии, которые позволяют заносить данные ручных наблюдений и измерений на водотоках в электронные формы бланков, повторяющих листы гидрологических книжек и таблиц [9, 10]. Также учитываются сведения об уровне, температуре воды и осадках, полученные с помощью автоматизированных гидрологических комплексов (АГК), переданные по каналам связи в центры сбора и обработки информации.

Достоверность занесённой информации обеспечивается системой двухступенчатого автоматизированного контроля: первичного – синтаксического, и более высокого уровня – смыслового (логического).

Производится обработка информации (обобщение данных измерений) в пределах месяца, календарного года и гидрологического года. При разработке алгоритмов программных средств

учитывались методы, изложенные в разработанных в разное время в ГГИ и ВНИИГМИ-МЦД нормативно-методических документах, чтобы соблюсти преемственность в автоматизированной подготовке материалов по сравнению с ручной обработкой.

Имеется возможность получать автоматизированным путём информацию в графическом виде, что резко снизило затраты ручного труда и позволило производить дополнительную проверку информации.

Разработаны средства ведения электронного архива обобщённых гидрологических характеристик водотоков – контроля и исправления ошибок, восполнения пропусков, ручного и автоматизированного пополнения архива расчётными данными за каждый прошедший год наблюдений. Правила ведения архива обобщённых гидрологических характеристик изложены в [11].

Практически все таблицы справочников ЕДС и МДС в настоящее время можно получить в автоматическом режиме. Это таблицы, содержащие сведения по уровням воды, расходам воды, температуре воды, ледовым явлениям и толщине льда, мутности воды и расходам взвешенных наносов.

Созданный на технических носителях фонд текущих гидрологических данных и обобщённых гидрологических характеристик позволил оперативно обеспечивать различных пользователей гидрологической информацией в соответствии с их запросами. В этих условиях объём публикуемых сведений о гидрологическом режиме водных объектов может быть существенно сокращён.

Решением поставленной задачи стала разработка в ФГБУ «ГГИ» концепции получения единого справочного издания водного кадастра, содержащего ежегодные и многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (водотоках и водоёмах), о качестве поверхностных вод суши, о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. В соответствии с концепцией полностью отменяется ручная подготовка таблиц для справочного издания. По составу сведений новое издание включает результаты обработки данных отчётного года и выводные обобщённые характеристики за многолетний период наблюдений.

ФГБУ «ГГИ» разработало макет справочника «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (ЕМДС) для водотоков и водоёмов [12]. В ЕМДС сохранено большинство видов таблиц, которые входили в состав ЕДС и МДС. Однако формы таблиц и состав входящих данных изменены и сокращены.

Переход на выпуск объединённых ежегодно-многолетних изданий обеспечивает:

- ежегодное получение обновлённых многолетних характеристик за весь период наблюдений вместо их получения один раз в пять лет;
- сокращение трудовых затрат УГМС на подготовку справочников водного кадастра и трудовых затрат НИУ, осуществляющих единую экспертизу;
- более эффективную технологию автоматизированной подготовки объединённого издания за счёт получения многолетних выводных характеристик одновременно с ежегодными данными в составе единого технологического комплекса;
- удобство пользования и экономию времени потребителей благодаря совмещению ежегодных и многолетних характеристик в одном издании.

Вместе с тем, в ЕМДС содержится меньше гидрологической информации, чем в справочниках ЕДС и МДС, поэтому у проектировщиков по-прежнему востребованы ЕДС и МДС.

Как и предыдущие справочники водного кадастра (ЕДС, МДС), издание ЕМДС подразделяется на 27 выпусков по территориально-бассейновому принципу. В каждом выпуске таблицы располагаются в порядке следования постов на гидрографической схеме.

В нашем институте в отделе информационных технологий первичной обработки гидрометеорологической информации (ОИТПОГИ) разработаны правила заполнения таблиц ЕМДС предложенного макета. Создана технология автоматизированного получения материалов в виде таблиц для справочного издания ЕМДС. Разработан документ [13], который содержит рекомендации по автоматизированному контролю и обработке данных, подготовке необходимых сведений о водотоках и расположенных

на них пунктах наблюдений, получению таблиц, составлению и комплектованию отдельного выпуска ЕМДС.

Следует сказать, что по другим видам ежегодно-многолетних справочников действующих технологий пока не существует.

Независимо от подготовки справочного издания ЕМДС, по-прежнему сохраняется возможность автоматизированного получения справочных изданий по форме ЕДС и МДС.

Технология позволяет получить материалы справочного издания ЕМДС, приведённые в таблице.

Т а б л и ц а

Материалы справочного издания ЕМДС

Номер таблицы	Наименование таблицы
Без номера	Алфавитный список водных объектов, сведения по которым приведены в настоящем выпуске
1.1	Список постов на реках и каналах, сведения по которым приведены в настоящем выпуске
1.2	Уровень воды, см
1.3	Расход воды
1.4	Сток весеннего половодья
1.5	Дождевой паводочный сток
1.6	Расходы взвешенных наносов, кг/с
1.7	Температура воды, °С
1.8	Ледовые явления
1.9	Толщина льда, см

Исходными данными для получения таблиц справочного издания ЕМДС являются результаты годовой обработки данных отчётного года и архив обобщённых гидрологических характеристик за весь период наблюдений на каждом гидрологическом посту. Обобщение данных за многолетний период по пунктам наблюдений производится всегда независимо от продолжительности периода.

Пользователю предоставляется возможность выбрать номер конкретного выпуска ЕМДС, указать первый год для получения многолетних обобщений и отчётный год, который является последним при обобщении данных (рис. 1). Период задаётся одним и тем же для всех получаемых таблиц и постов выбранного выпуска ЕМДС.

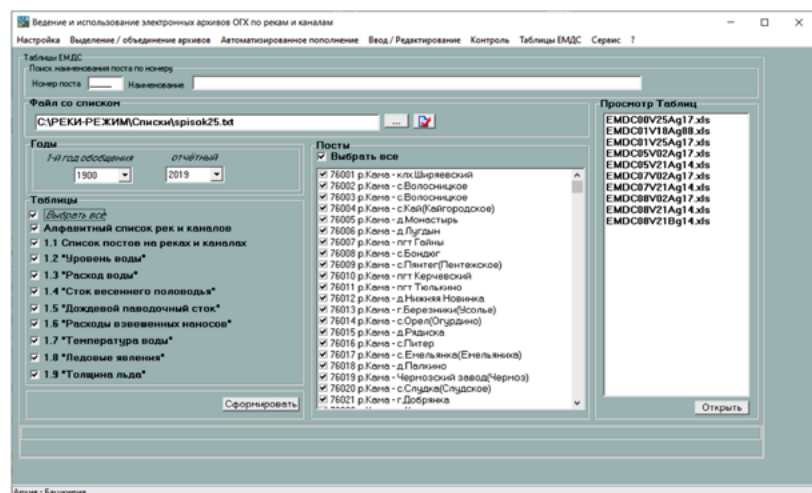


Рис. 1. Диалог с пользователем для получения таблиц ЕМДС

Далее период автоматически корректируется в зависимости от наличия данных в архиве и однородности рядов. В справочном издании ЕМДС обобщение данных производится за последний период с неизменённым режимом водного объекта.

Каждый вид таблицы автоматически дополняется «Титульным листом», в котором кратко излагаются правила обработки данных и представления их в таблице.

Все таблицы помещаются на лист формата А4 книжной или альбомной ориентации в зависимости от количества элементов, заносимых в таблицу и требуемой ширины каждой графы.

На каждом листе таблицы располагается общий заголовок: номер и название таблицы, выпуск ЕМДС, отчётный год. В отдельной строке помещается заголовок конкретного поста, который включает порядковый номер поста в данном выпуске, пятизначный код поста, название водного объекта и поста.

Числовые значения элементов приводятся в округлённом виде, отсутствие числового значения обозначается символами: тире – пропуск наблюдений, «нб» – отсутствие стока, «прсх» – пересыхание и «прмз» – промерзание русла. Данные пониженной точности представляются курсивом.

При получении таблицы «Алфавитный список постов, сведения по которым приведены в настоящем выпуске» программно заполняется графа «Куда впадает водный объект» по данным электронной версии справочников «Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность».

В таблицах по уровням и расходам воды в первой части приводятся для 12 месяцев отчётного года среднесуточные значения и результаты месячной обработки данных за отчётный год. Рядом со средними суточными уровнями воды указывается до двух регламентируемых символов состояния водного объекта (ледовые явления, зарастание русла). Во второй части помещаются осреднённые данные за отчётный год и обобщённые за многолетний период. Набор обобщённых данных определяется устойчивостью ледостава на посту в многолетнем периоде. Пример таблицы ЕМДС по уровням воды приведён на рис. 2.

В таблицах по стоку весеннего половодья и наибольшему в году дождевому паводку указываются периоды их прохождения (начало, конец), максимальные расходы воды и слои стока за отчётный год и обобщённые за многолетний период наблюдений.

Таблица по расходам взвешенных наносов содержит в первой части для каждого месяца отчётного года средние декадные и месячные характеристики (средний, наибольший, наименьший) ежедневных расходов наносов. Во второй части приводятся обобщённые за период наблюдений месячные характеристики: средний, наибольший и наименьший средние месячные расходы наносов, а также наибольший за год.

Таблица по температуре воды в первой части для отчётного года включает средние декадные, средние месячные значения температуры воды для месяцев с наблюдениями, высшую температуру за год и даты перехода температуры через 0,2 °C весной и осенью. Вторая часть таблицы содержит обобщённые за многолетний период значения средней месячной температуры для всех месяцев с наблюдениями, средние даты перехода через 0,2 °C весной и осенью, высшую температуру воды за многолетний период, раннюю и позднюю даты наблюдения высшей температуры.

ТАБЛИЦА 1.2. УРОВЕНЬ ВОДЫ, СМ													Вып. 20	2014		
84. 06091 р. Учирка - с. Бытэв. Отметка нуля поста 745.59 м БС																
Число	Месяц															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	прмз	прмз	прмз	235 W	188	164	189	180	160	154	169 Z	прмз				
2	прмз	прмз	прмз	233 W	186	163	180	179	159	154)	166 Z	прмз				
3	прмз	прмз	прмз	230 W	184	162	187	184	158	150)	164 Z	прмз				
4	прмз	прмз	прмз	229 W	184	160	190	190	156	154)	161 Z	прмз				
5	прмз	прмз	прмз	226 W	184	159	194	189	155	156)	159 Z	прмз				
6	прмз	прмз	прмз	225)	184	157	199	185	154	152)	158 Z	прмз				
7	прмз	прмз	прмз	223)	183	155	204	181	153	152)	157 I	прмз				
8	прмз	прмз	прмз	220)	183	156	208	178	157	154)	156 I	прмз				
9	прмз	прмз	прмз	220)	183	157	210	181	160	150)	154 I	прмз				
10	прмз	прмз	прмз	218)	183	161	217	187	157	149)	153 I	прмз				
11	прмз	прмз	прмз	216)	184	166	220	190	154	148)	156 I	прмз				
12	прмз	прмз	прмз	214)	186	169	227	186	151	148)	154 I	прмз				
13	прмз	прмз	прмз	213)	183	172	230	185	154	152)	152 I	прмз				
14	прмз	прмз	прмз	212)	182	176	232	183	157	152)	150 I	прмз				
15	прмз	прмз	прмз	209	180	193	233	182	161	152)	148 I	прмз				
16	прмз	прмз	прмз	206	179	201	236	179	164	153)	146 I	прмз				
17	прмз	прмз	прмз	207	177	206	241	175	165	154)	139 I	прмз				
18	прмз	прмз	прмз	204	174	230	245	171	167	151)	135 I	прмз				
19	прмз	прмз	прмз	206	176	250	245	170	169	150)	прмз	прмз				
20	прмз	прмз	прмз	209	176	253	251	170	171	157)	прмз	прмз				
21	прмз	прмз	прмз	211	175	255	253	168	173	161)	прмз	прмз				
22	прмз	прмз	прмз	209	174	249	255	166	173	163)	прмз	прмз				
23	прмз	прмз	209 W	208	172	244	254	168	176	157)	прмз	прмз				
24	прмз	прмз	211 W	206	174	238	248	171	176	158)	прмз	прмз				
25	прмз	прмз	215 W	205	175	229	243	176	173	163)	прмз	прмз				
26	прмз	прмз	219 W	202	173	222	238	176	170	167)	прмз	прмз				
27	прмз	прмз	220 W	197	169	208	229	174	167	167)	прмз	прмз				
28	прмз	прмз	231 W	194	166	201	221	169	164	169)	прмз	прмз				
29	прмз	прмз	236 W	193	165	194	213	165	159	173)	прмз	прмз				
30	прмз	прмз	236 W	192	164	190	201	163	156	174 Z	прмз	прмз				
31	прмз	прмз	236 W		164		192	162		175 Z		прмз				
Средн.	прмз	прмз	-	212	178	195	222	177	162	157	-	прмз				
Высш.	прмз	прмз	236	235	188	255	255	190	176	175	170	прмз				
Низш.	прмз	прмз	прмз	191	164	155	180	161	150	145	прмз	прмз				
Средний годовой	Высший за год				Низший зимнего периода (низший годовой)				Низший летне-осеннего периода							
	Уровень	Дата		Число случаев	Уровень	Дата		Число случаев	Уровень	Дата		Число случаев				
		первая	последн			первая	последн			первая	последн					
Год 2014																
-	255	20.06	23.07	4	прмз	30.11. 2013	22.03	113	150	12.09		1				
Период 1950-2014 гг.																
-	308	12.08. 1998	13.08. 1998	2	прмз 98%	22.10. 1982	23.04. 1980	(174) 2010	прсх 15%	25.04. 2008	31.10. 2004 - 2007(3)	(146) 2007 - 2008(2)				

Рис. 2. Таблица ЕМДС, содержащая уровни воды

Таблица по ледовым явлениям приводится в двух формах, которые определяются устойчивостью ледостава в многолетнем периоде и отличаются набором данных. В первой части таблицы для рек с устойчивым ледоставом приводятся сведения о датах начала и продолжительности стояния регламентируемых ледовых явлений: ледостава, осеннего и весеннего ледохода или шугохода, дат начала и окончания ледовых явлений в отчётном гидрологическом году. Вторая часть таблицы включает обобщённые сведения о средних, ранних и поздних датах наблюдения указанных явлений и продолжительности их стояния.

В таблице для рек с неустойчивым ледоставом помещаются сведения только о датах начала и окончания ледовых явлений в отчётном гидрологическом году и продолжительности стояния ледохода или шугохода, ледостава, всех ледовых явлений. Приводятся такие же сведения, обобщённые за многолетний период.

Таблица по толщине льда содержит для отчётного года толщину льда на последние дни декад зимнего периода и наибольшую за год. За многолетний период приводятся обобщённые сведения о средней, наибольшей и наименьшей толщине льда в каждую декаду зимнего периода, а также наибольшая толщина льда за многолетний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. 3: Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. Л.: Гидрометиздат, 1958. 290 с.
2. Черкавский С. К. О единой государственной системе учёта вод и ведения водного кадастра СССР // Водные ресурсы. 1972. № 3. С. 44–52.
3. Черкавский С. К., Коноплянцев А. А. Научные и организационные основы единой государственной системы учёта вод, их использования и ведения Государственного водного кадастра СССР // Генеральные доклады IV Всесоюзного гидрологического съезда. Л.: Гидрометиздат, 1973. С. 176–195.
4. *Методические указания* по «Составлению и подготовке к печати Ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л., 1979. 163 с.

5. *Методические указания* по ведению Государственного водного кадастра. Раздел 1, вып. 4, ч. 1 «Составление и подготовка к печати «Много-летних данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л.: Гидро-метеоиздат, 1981. 80 с.

6. Яковенко Л. И., Сластина В. Д. Методика подготовки гидрологических данных о режиме рек при автоматизированном ведении Государственного водного кадастра // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1988. Вып. 149. С. 19–27.

7. Яковенко Л. И. Методы синтаксического и смыслового контроля информационных массивов по стоку наносов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1985. Вып. 121. С. 13–35.

8. *Информационная база* банка данных «Гидрология – реки и каналы». Обнинск, 1987. 140 с.

9. РД 52.19.857–2016 «Подготовка и занесение гидрологической информации по рекам и каналам на технический носитель». Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016. 183 с.

10. Р 52.19.858–2016 «Подготовка справочных сведений и параметров контроля данных поста для автоматизированной обработки результатов наблюдений на реках, каналах и морских устьях рек». Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016. 31 с.

11. РД 52.19.896–2020. «Формирование электронного архива «Обобщённые гидрологические характеристики речных гидрологических постов» на технических носителях». Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2020. 106 с.

12. *Макет* «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (в электронном виде).

13. РД 52.19 (проект). Подготовка издания водного кадастра «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Часть 1. Реки и каналы. 2021. 97 с.

УДК 551.501.4:551.510.53

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТАБЛИЦ БАЗЫ ДАННЫХ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ И СИНОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ, ПОСТУПАЮЩИХ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ В КОДЕ BUFR

Л. Н. Сенова

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

Введение

Переход на передачу по Глобальной системе телесвязи (ГСТ) гидрометеорологической информации в таблично-ориентированных кодовых формах (ТОКФ) был официально запущен в 2002 году Комиссией по основным системам (КОС), организованной при Всемирной метеорологической организации (ВМО).

График перехода представлен в документе «Отчёт о положении дел в области перехода на таблично-ориентированные кодовые формы. Межпрограммная экспертная группа по обеспечению и мониторингу представления данных (МПЭГ-ОМПД) от 25 сентября 2015 г.» [1] https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/MigrationTDCF/PR6868/2015-09-25-PR-6868-OBS-WIS-DRMM-MIGRATION_ru.pdf.

И с 2015 года ВМО больше не поддерживает традиционные буквенно-цифровые коды Всемирной службы погоды.

Код FM 94 BUFR (Binary Universal Form for Representation meteorological data) является одним из видов ТОКФ, представляет собой компактный способ передачи данных за счёт двоичного представления и является машинно-ориентированным кодом. Кодирование и декодирование сообщения, передаваемого по каналам связи ГСТ, возможны только с использованием компьютера при наличии соответствующего программного обеспечения.

Программное обеспечение, осуществляющее приём, декодирование и обработку с формированием базы данных реляционного типа (СУБД PostgreSQL, СУБД Oracle) приземных синоптических

наблюдений (SYNOP, CLIMAT) и данных ветрового зондирования (TEMP, TEMP SHIP, PILOT, PILOT SHIP), поступающих с каналов связи ГСТ в кодах FM-94 BUFR, разработано во ВНИИГМИ-МЦД и внедрено в функционирующую с 2000 года технологию приёма и обработки оперативных данных, поступающих с каналов связи (система Omega).

Описание работы системы Omega представлено в [2] и [3]. Результатом работы системы Omega является сформированная база данных системы управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare [4]. Настоящая статья посвящена описанию состава и структуры информационной базы данных наблюдений SYNOP, TEMP, TEMP SHIP, PILOT, PILOT SHIP, поступивших с каналов связи ГСТ в кодах FM-94 BUFR [5].

Данные каждого вида информации записываются в соответствующие таблицы базы данных. Соответствие видов гидрометеорологической информации, поступающей по каналам связи, таблицам базы данных приведено в табл. 1.

Таблица 1

Таблица соответствия видов информации и названий таблиц БД

Метеорологический код	Вид информации	Код вида информации в БД	Названия таблиц БД
FM 94 BUFR	SYNOP	31	SYNOP_BUFR
FM 94 BUFR	TEMP, TEMP SHIP, PILOT, PILOT SHIP	91	AIR_STATION_BUFR
		92	AIR_LEVEL_BUFR

В таблице AIR_STATION_BUFR хранятся идентификационная и метеорологическая части сообщения с информацией вертикального зондирования (не со спутника).

В таблице AIR_LEVEL_BUFR хранятся данные на уровнях вертикального зондирования (не со спутника).

Описание состава и структуры информационной базы данных

При разработке структуры таблиц базы данных для удобства было принято в названии колонки отражать код дескриптора метеорологического параметра с предшествующим ему символом

«D_» (D_12101, D_12102,...). А чтобы вписаться в общую структуру базы данных системы CliWare, каждый метеорологический параметр имеет свой признак контроля качества (колонка с признаком контроля качества (ПКК) элемента имеет то же название, что и сам параметр, но с добавленным вначале символом «Q» (QD_12101, QD_12102,...).

Описания таблиц гидрометеорологических данных, поступающих по каналам связи, в терминологии среды СУБД PostgreSQL представлены ниже в табл. 2–4.

В таблицах указаны название колонки, тип и точность хранимых метеорологических характеристик, указана последовательность уникальных ключей. В графе Комментарий дано наименование гидрометеорологического параметра и единицы измерения для физических величин. Там, где единицы измерения представлены в МККТТ- МА5, данные были закодированы как символьные, выравненные влево внутри указанного поля, с использованием Международного алфавита № 5 МККТТ, а поле до своей указанной длины оставляется чистым. Если параметр выражен в кодовых величинах, то в графе Комментарий имеется ссылка к соответствующей кодовой таблице (КТ) или таблице флагов (ТФ). Обозначение вида КТ С-11 – из части С Наставления по кодам [5], обозначение вида КТ А, КТ 0 20 017 и ТФ 0 08 042 – из части В Наставления по кодам [5]. Содержимое кодовых таблиц представлено в документах [5, 6, 7].

Таблица 2

Таблица AIR_STATION_BUFR – идентификационная и метеорологическая части сообщения с информацией вертикального зондирования (не со спутника)

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Station_Id	VARCHAR	9	Unique	Индекс станции
Date_Obs	timestamp		Unique	Дата наблюдения в виде ГГГММДдчмм
Date_Write	timestamp			Дата записи телеграммы в БД
Type_Obs	numeric	2,0	Unique	Вид наблюдения (91-TEMP,TEMP SHIP; 92-PILOT,PILOT SHIP)

Продолжение табл.2

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Lat	numeric	9,5		D_005001 Широта (высокая точность), градусы
Lon	numeric	10,5		D_006001 Долгота (высокая точность), градусы
Centr	CHAR	5		Позывной центра связи
Status	numeric	5,0		Статус телеграммы (количество замен)
Qtel	numeric	5,0		Признак качества телеграммы (0 – хорошая)
Bufr_edit	numeric	3,0		Номер редакции BUFR-сообщения
Orig_centre	numeric	5,0		Центр исходящего сообщения, код, КТ С-11
Sub_centre	numeric	5,0		Подцентр исходящего сообщения, код, КТ С-12
Cor	numeric	3,0		Последовательный номер обновления
Categ	numeric	3,0		Тип категории данных, код, КТ А, КТ С-13
Sub_categ	numeric	3,0		Подтип категории данных, код, КТ С-13
Ver_table	numeric	3,0		Номер версии использованных основных таблиц
Count_sub	numeric	3,0		Число поднаборов данных в сообщении
Type_data	numeric	3,0		Тип передаваемых данных (128 – набл., 64 – упак., 192 – набл. + упак.)
D_01011	VARCHAR	10		Указатель судна или подвижной наземной станции, МККТТ – МА5
D_02011	numeric	3,0		Тип радиозонда, КТ 0 02 011
D_02013	numeric	2,0		Коррекция солнечной и инфракрасной радиации, КТ 0 02 013
D_02014	numeric	3,0		Методика слежения/состояние используемой системы, КТ 0 02 014
D_02003	numeric	2,0		Тип используемого измерительного оборудования, КТ 0 02 003
D_08021	numeric	2,0		Значимость времени, КТ 0 08 021
D_07030	numeric	7,1		Высота площадки станции над средним уровнем моря, м
D_07031	numeric	7,1		Высота барометра над средним уровнем моря, м

Окончание табл. 2

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_07007	numeric	7,1		Высота , м
D_33024	numeric	2,0		Отметка качества превышения станции (для подвижных станций), КТ 0 33 024
NumLev	numeric	5,0		Количество уровней
D_02191	numeric	2,0		Расчёт геопотенциальной высоты, КТ 0 02 191
D_01081	VARCHAR	20		Серийный номер радиозонда, МККТТ – МА5
D_01082	numeric	5,0		Количество подъёмов радиозондов
D_02067	numeric	6,1		Рабочая частота радиозонда, МГц
D_02095	numeric	2,0		Тип датчика давления, КТ 0 02 095
D_02096	numeric	2,0		Тип датчика температуры, КТ 0 02 096
D_02097	numeric	2,0		Тип датчика влажности, КТ 0 02 097
D_25061	VARCHAR	15		Идентификация программного обеспечения, МККТТ – МА5
D_08002_1	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_1	CHAR	1		ПКК
D_20011	numeric	2,0		Количество облаков, КТ 0 20 011
QD_20011	CHAR	1		ПКК
D_20013	numeric	5,0		Высота нижней границы облаков , м
QD_20013	CHAR	1		ПКК
D_20012_1	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_1	CHAR	1		ПКК
D_20012_2	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_2	CHAR	1		ПКК
D_20012_3	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_3	CHAR	1		ПКК
D_08002_2	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_2	CHAR	1		ПКК
D_22043	numeric	6,2		Температура моря, °С
QD_22043	CHAR	1		ПКК

Таблица 3

Таблица AIR_LEVEL_BUFR – данные на уровнях вертикального зондирования (не со спутника)

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Station_ID	VARCHAR	9	Unique	Индекс станции
Date_Obs	timestamp		Unique	Дата наблюдения в виде ГГГГММДДчмм
Date_Write	timestamp			Дата записи телеграммы в БД
Type_Obs	numeric	2,0	Unique	Вид наблюдения (TEMP=91, PILOT=92)
Lat	numeric	9,5		Широта (высокая точность), градусы
Lon	numeric	10,5		Долгота (высокая точность), градусы
N_Level	numeric	5,0	Unique	Порядковый номер уровня
D_04086	numeric	6,0		Долговременный период или смещение, секунды
QD_04086	CHAR	1		ПКК
D_08042	numeric	6,0	Unique	Значимость продлённого вертикального зондирования, ТФ 0 08 042
QD_08042	CHAR	1		ПКК
D_07004	numeric	6,1	Unique	Давление, гПа
QD_07004	CHAR	1		ПКК
D_10009	numeric	6,0		Геопотенциальная высота, гп.м
QD_10009	CHAR	1		ПКК
D_05015	numeric	9,5		Сдвиг по широте (высокая точность), градусы
QD_05015	CHAR	1		ПКК
D_06015	numeric	10,5		Сдвиг по долготе (высокая точность), градусы
QD_06015	CHAR	1		ПКК
D_12101	numeric	7,2		Температура/температура по сухому термометру, °C
QD_12101	CHAR	1		ПКК
D_12103	numeric	7,2		Температура точки росы, °C
QD_12103	CHAR	1		ПКК
D_11001	numeric	3,0		Направление ветра, истинные градусы
QD_11001	CHAR	1		ПКК
D_11002	numeric	5,1		Скорость ветра, м/с

Окончание табл. 3

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_11002	CHAR	1		ПКК
D_07009	numeric	6,0		Геопотенциальная высота, гп.м
QD_07009	CHAR	1		ПКК
D_11061	numeric	5,1		Абсолютный сдвиг ветра в нижележащем слое в 1 км, м/с
QD_11061	CHAR	1		ПКК
D_11062	numeric	5,1		Абсолютный сдвиг ветра в вышележащем слое в 1 км, м/с
QD_11062	CHAR	1		ПКК

Таблица 4

Таблица SYNOP_BUFR – приземные данные SYNOP

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Station_Id	VARCHAR	9	Unique	Индекс станции
Date_Obs	timestamp		Unique	Дата наблюдения в виде ГГГГММДДчмм
Date_Write	timestamp			Дата записи телеграммы в БД
Type_Obs	numeric	2,0		Вид наблюдения (31)
Lat	numeric	8,4		D_05001 Широта (высокая точность), градусы
Lon	numeric	9,4		D_06001 Долгота (высокая точность), градусы
Centr	CHAR	5		Позывной центра связи
Status	numeric	5,0		Статус (количество метеозлементов в сообщении)
Qtel	numeric	5,0		Признак качества телеграммы (0 – хорошая)
Bufr_edit	numeric	3,0		Номер редакции BUFR-сообщения
Orig_centre	numeric	5,0		Центр исходящего сообщения, код, КТ С-11
Sub_centre	numeric	5,0		Подцентр исходящего сообщения, код, КТ С-12
Cor	numeric	2,0		Последовательный номер обновления

Продолжение табл.4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Categ	numeric	3,0		Тип категории данных, код, КТ А, КТ С-13
Sub_categ	numeric	3,0		Подтип категории данных, код, КТ С-13
Ver_table	numeric	3,0		Номер версии использованных основных таблиц
Count_sub	numeric	3,0		Число поднаборов данных в сообщении
Type_data	numeric	3,0		Тип передаваемых данных (128 – набл., 64 – упак., 192 – набл. + упак.)
D_01015	VARCHAR	20		Название станции или поста, МККТТ – МА5
D_02001	numeric	1,0		Тип станции, код, КТ 0 02 001
D_07030	numeric	7,1		Высота площадки станции над средним уровнем моря, м
D_07031	numeric	7,1		Высота барометра над средним уровнем моря, м
D_10004_31	numeric	6,1		Атмос. давление на уровне станции, гПа (с десятиыми)
QD_10004_31	CHAR	1		ПКК
D_10051_31	numeric	6,1		Давление, приведённое к среднему уровню моря, гПа (с десятиыми)
QD_10051_31	CHAR	1		ПКК
D_10061_31	numeric	6,1		Изменение давления за 3 часа, гПа с десятиыми
QD_10061_31	CHAR	1		ПКК
D_10063_31	numeric	2,0		Характеристика барической тенденции, код, КТ 0 10 063
QD_10063_31	CHAR	1		ПКК
D_10062_31	numeric	6,1		Изменение давления за 24 часа, гПа с десятиыми
QD_10062_31	CHAR	1		ПКК
D_07004_31	numeric	6,1		Давление (станд. изобар. поверхность), гПа с десятиыми
QD_07004_31	CHAR	1		ПКК
D_10009_31	numeric	5,0		Геопотенциальная высота (станд. изобар. поверхность), гп.м

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_10009_31	CHAR	1		ПКК
D_07032_32	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для температуры), м
QD_07032_32	CHAR	1		ПКК
D_12101_32	numeric	5,1		Температура/температура по сухому термометру, °C
QD_12101_32	CHAR	1		ПКК
D_12103_32	numeric	5,1		Температура точки росы, °C
QD_12103_32	CHAR	1		ПКК
D_13003_32	numeric	3,0		Относительная влажность, %
QD_13003_32	CHAR	1		ПКК
D_07032_33	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для видимости), м
QD_07032_33	CHAR	1		ПКК
D_20001_33	numeric	5,1		Горизонтальная видимость, км
QD_20001_33	CHAR	1		ПКК
D_02182	numeric	2,0		Система измерения видимости, КТ 0 02 182
QD_02182	CHAR	1		ПКК
D_07032_341	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для осадков), м
QD_07032_341	CHAR	1		ПКК
D_13023_34	numeric	6,2		Сумма осадков за последние 24 часа, мм (с сотыми)
QD_13023_34	CHAR	1		ПКК
D_07032_342	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для облачности), м
QD_07032_342	CHAR	1		ПКК
D_20010_04	numeric	3,0		Облачность(общая), %
QD_20010_04	CHAR	1		ПКК
D_08002_04	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_04	CHAR	1		ПКК
D_20011_04	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_04	CHAR	1		ПКК

Продолжение табл.4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_20013_04	numeric	5,0		Высота НГО, м
QD_20013_04	CHAR	1		ПКК
D_20012_041	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_041	CHAR	1		ПКК
D_20012_042	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_042	CHAR	1		ПКК
D_20012_043	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_043	CHAR	1		ПКК
D_08002_051	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_051	CHAR	1		ПКК
D_20011_051	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_051	CHAR	1		ПКК
D_20012_051	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_051	CHAR	1		ПКК
D_20013_051	numeric	5,0		Высота НГО, м
QD_20013_051	CHAR	1		ПКК
D_08002_052	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_052	CHAR	1		ПКК
D_20011_052	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_052	CHAR	1		ПКК
D_20012_052	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_052	CHAR	1		ПКК
D_20013_052	numeric	5,0		Высота НГО, м
QD_20013_052	CHAR	1		ПКК
D_08002_053	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_053	CHAR	1		ПКК
D_20011_053	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_053	CHAR	1		ПКК
D_20012_053	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_20012_053	CHAR	1		ПКК
D_20013_053	numeric	5,0		Высота НГО, м
QD_20013_053	CHAR	1		ПКК
D_08002_054	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_054	CHAR	1		ПКК
D_20011_054	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_054	CHAR	1		ПКК
D_20012_054	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_054	CHAR	1		ПКК
D_20013_054	numeric	5,0		Высота НГО, м
QD_20013_054	CHAR	1		ПКК
D_08002_361	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), код, КТ
QD_08002_361	CHAR	1		ПКК
D_20011_361	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_361	CHAR	1		ПКК
D_20012_361	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_361	CHAR	1		ПКК
D_20014_361	numeric	5,0		Высота верхней границы облаков, м
QD_20014_361	CHAR	1		ПКК
D_20017_361	numeric	2,0		Описание верхней границы облаков, КТ 0 20 017
QD_20017_361	CHAR	1		ПКК
D_08002_362	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_362	CHAR	1		ПКК
D_20011_362	numeric	2,0		Количество облаков CL или CM, КТ 0 20 011
QD_20011_362	CHAR	1		ПКК
D_20012_362	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_362	CHAR	1		ПКК
D_20014_362	numeric	5,0		Высота верхней границы облаков, м

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_20014_362	CHAR	1		ПКК
D_20017_362	numeric	2,0		Описание верхней границы облаков, КТ 0 20 017
QD_20017_362	CHAR	1		ПКК
D_08002_471	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_471	CHAR	1		ПКК
D_20054_471	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_471	CHAR	1		ПКК
D_08002_472	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_472	CHAR	1		ПКК
D_20054_472	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_472	CHAR	1		ПКК
D_08002_473	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_473	CHAR	1		ПКК
D_20054_473	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_473	CHAR	1		ПКК
D_08002_474	numeric	2,0		Вертикальная значимость (приземные наблюдения), КТ 0 08 002
QD_08002_474	CHAR	1		ПКК
D_05021_481	numeric	3,0		Пеленг или азимут, истинные градусы
QD_05021_481	CHAR	1		ПКК
D_07021_481	numeric	3,0		Превышение, градусы
QD_07021_481	CHAR	1		ПКК
D_20012_48	numeric	2,0		Типы облаков, КТ 0 20 012
QD_20012_48	CHAR	1		ПКК
D_05021_482	numeric	3,0		Пеленг или азимут, истинные градусы

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_05021_482	CHAR	1		ПКК
D_07021_482	numeric	3,0		Превышение, градусы
QD_07021_482	CHAR	1		ПКК
D_20062_37	numeric	2,0		Состояние поверхности почвы (со снегом или без снега), КТ 0 20 062
QD_20062_37	CHAR	1		ПКК
D_13013_37	numeric	5,0		Суммарная высота снежного покрова, см
QD_13013_37	CHAR	1		ПКК
D_12113_37	numeric	5,1		Минимальная температура на поверхности земли за последние 12 часов, °С
QD_12113_37	CHAR	1		ПКК
D_20003_38	numeric	3,0		Текущая погода, КТ 0 20 003
QD_20003_38	CHAR	1		ПКК
D_04024_38	numeric	3,0		Временной период или отклонение, час
QD_04024_38	CHAR	1		ПКК
D_20004_38	numeric	2,0		Прошедшая погода (1), КТ 0 20 004
QD_20004_38	CHAR	1		ПКК
D_20005_38	numeric	2,0		Прошедшая погода (2), КТ 0 20 005
QD_20005_38	CHAR	1		ПКК
D_04024_391	numeric	3,0		Временной период или отклонение, час
QD_04024_391	CHAR	1		ПКК
D_14031_391	numeric	4,0		Продолжительность солнечного сияния, мин
QD_14031_391	CHAR	1		ПКК
D_04024_392	numeric	3,0		Временной период или отклонение, час
QD_04024_392	CHAR	1		ПКК
D_14031_392	numeric	4,0		Продолжительность солнечного сияния, мин
QD_14031_392	CHAR	1		ПКК
D_07032_40	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадкой (для наблюдения осадков), м

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_07032_40	CHAR	1		ПКК
D_04024_401	numeric	3,0		Временной период или отклонение, час
QD_04024_401	CHAR	1		ПКК
D_13011_401	numeric	6,2		Сумма осадков за период, мм (с сотыми)
QD_13011_401	CHAR	1		ПКК
D_04024_402	numeric	3,0		Временной период или отклонение, час
QD_04024_402	CHAR	1		ПКК
D_13011_402	numeric	6,2		Сумма осадков за период, мм (с сотыми)
QD_13011_402	CHAR	1		ПКК
D_07032_41	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадкой (для температуры), м
QD_07032_41	CHAR	1		ПКК
D_04024_411	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_411	CHAR	1		ПКК
D_04024_412	numeric	3,0		Смещение конца периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_412	CHAR	1		ПКК
D_12111_41	numeric	5,1		Максимальная температура на указанной высоте и за указанный период, °C
QD_12111_41	CHAR	1		ПКК
D_04024_413	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_413	CHAR	1		ПКК
D_04024_414	numeric	3,0		Смещение конца периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_414	CHAR	1		ПКК
D_12112_41	numeric	5,1		Минимальная температура на указанной высоте и за указанный период, °C
QD_12112_41	CHAR	1		ПКК

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_07032_421	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадкой (для ветра), м
QD_07032_421	CHAR	1		ПКК
D_02002_42	numeric	2,0		Тип приборного обеспечения для измерения ветра, ТФ 0 02 002
QD_02002_42	CHAR	1		ПКК
D_08021_421	numeric	2,0		Значимость времени, КТ 0 08 021
QD_08021_421	CHAR	1		ПКК
D_04025_421	numeric	4,0		Временной период или отклонение, мин
QD_04025_421	CHAR	1		ПКК
D_11001_42	numeric	3,0		Направление ветра, истинные градусы
QD_11001_42	CHAR	1		ПКК
D_11002_42	numeric	5,1		Скорость ветра, м/с (с десятичными)
QD_11002_42	CHAR	1		ПКК
D_08021_422	numeric	2,0		Значимость времени, КТ 0 08 021
QD_08021_422	CHAR	1		ПКК
D_04025_423	numeric	4,0		Временной период или отклонение, мин
QD_04025_423	CHAR	1		ПКК
D_11043_423	numeric	3,0		Направление максимального ветра, истинные градусы
QD_11043_423	CHAR	1		ПКК
D_11041_423	numeric	5,1		Максимальная скорость ветра (порывы), м/с (с десятичными)
QD_11041_423	CHAR	1		ПКК
D_04025_424	numeric	4,0		Временной период или отклонение, мин
QD_04025_424	CHAR	1		ПКК
D_11043_424	numeric	3,0		Направление максимального ветра, истинные градусы
QD_11043_424	CHAR	1		ПКК
D_11041_424	numeric	5,1		Максимальная скорость ветра (порывы), м/с (с десятичными)
QD_11041_424	CHAR	1		ПКК

Продолжение табл.4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_07032_422	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадкой, м
QD_07032_422	CHAR	1		ПКК
D_04024_44	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_44	CHAR	1		ПКК
D_02004_44	numeric	2,0		Тип приборов для измерения испарения или вид с.-х. культуры, КТ 0 02 004
QD_02004_44	CHAR	1		ПКК
D_13033_44	numeric	5,1		Испарение/суммарное испарение, мм (с десятиями)
QD_13033_44	CHAR	1		ПКК
D_04024_451	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока набл., час
QD_04024_451	CHAR	1		ПКК
D_14002_451	numeric	7,2		Длинноволновая радиация, интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14002_451	CHAR	1		ПКК
D_14004_451	numeric	7,2		Коротковолновая радиация, интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14004_451	CHAR	1		ПКК
D_14016_451	numeric	7,2		Радиационный баланс, интегрированный за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14016_451	CHAR	1		ПКК
D_14028_451	numeric	7,2		Суммарная солнечная радиация (высокая точность интегр. за указанный период, Дж·см ⁻²)
QD_14028_451	CHAR	1		ПКК
D_14029_451	numeric	7,2		Рассеянная солнечная радиация (высокая точность) интегр. за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14029_451	CHAR	1		ПКК

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_14030_451	numeric	7,2		Прямая солнечная радиация (высокая точность) интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14030_451	CHAR	1		ПКК
D_04024_452	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока набл., час
QD_04024_452	CHAR	1		ПКК
D_14002_452	numeric	7,2		Длинноволновая радиация, интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14002_452	CHAR	1		ПКК
D_14004_452	numeric	7,2		Коротковолновая радиация, интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14004_452	CHAR	1		ПКК
D_14016_452	numeric	7,2		Радиационный баланс, интегрированный за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14016_452	CHAR	1		ПКК
D_14028_452	numeric	7,2		Суммарная солнечная радиация (высокая точность), интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14028_452	CHAR	1		ПКК
D_14029_452	numeric	7,2		Рассеянная солнечная радиация (высокая точность), интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14029_452	CHAR	1		ПКК
D_14030_452	numeric	7,2		Прямая солнечная радиация (высокая точность), интегрированная за указанный период, Дж·см ⁻²
QD_14030_452	CHAR	1		ПКК
D_04024_461	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_461	CHAR	1		ПКК
D_04024_462	numeric	3,0		Смещение конца периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_462	CHAR	1		ПКК

Продолжение табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_12049_46	numeric	5,1		Изменение температуры за указанный период, °С
QD_12049_46	CHAR	1		ПКК
D_20023_661	numeric	6,0		Другие метеорологические явления, ТФ 0 20 023
QD_20023_661	CHAR	1		ПКК
D_20024_661	numeric	1,0		Интенсивность явления, КТ 0 20 024
QD_20024_661	CHAR	1		ПКК
D_20027_661	numeric	3,0		Возникновение явления, ТФ 0 20 027
QD_20027_661	CHAR	1		ПКК
D_20054_661	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_661	CHAR	1		ПКК
D_20023_662	numeric	6,0		Другие метеорологические явления, ТФ 0 20 023
QD_20023_662	CHAR	1		ПКК
D_20027_662	numeric	3,0		Возникновение явления, ТФ 0 20 027
QD_20027_662	CHAR	1		ПКК
D_20054_662	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_662	CHAR	1		ПКК
D_20025_663	numeric	7,0		Явления, ухудшающие видимость, ТФ 0 20 025
QD_20025_663	CHAR	1		ПКК
D_20026_663	numeric	2,0		Характер явления, ухудшающего видимость, КТ 0 20 026
QD_20026_663	CHAR	1		ПКК
D_20027_663	numeric	3,0		Возникновение явления, ТФ 0 20 027
QD_20027_663	CHAR	1		ПКК
D_20040_663	numeric	2,0		Эволюция перемещения снега, КТ 0 20 040
QD_20040_663	CHAR	1		ПКК
D_20066_664	numeric	2,0		Максимальный диаметр градин, см
QD_20066_664	CHAR	1		ПКК

Окончание табл. 4

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_20027_664	numeric	3,0		Возникновение явления, ТФ 0 20 027
QD_20027_664	CHAR	1		ПКК
D_20021_665	numeric	10,0		Тип осадков, ТФ 0 20 021
QD_20021_665	CHAR	1		ПКК
D_20067_665	numeric	3,0		Диаметр отложений, см
QD_20067_665	CHAR	1		ПКК
D_20027_665	numeric	3,0		Возникновение явления, ТФ 0 20 027
QD_20027_665	CHAR	1		ПКК
D_04024_D1	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока наблюдения, час
QD_04024_D1	CHAR	1		ПКК
D_04024_D2	numeric	3,0		Смещение начала периода наблюдений относ. срока набл., час
QD_04024_D2	CHAR	1		ПКК
D_20063_D	numeric	2,0		Особые явления, КТ 0 20 063
QD_20063_D	CHAR	1		ПКК
D_20054_D	numeric	3,0		Истинное направление, откуда перемещаются явление или облака, истинные градусы
QD_20054_D	CHAR	1		ПКК

Записанная в базу данных информация может быть доступна в интерактивном режиме как через приложение СУБД (рис. 1), так и средствами доступа системы CliWare 2.1 через интерфейс системы (рис. 2).

Статистика поступления в базу данных BUFR-информации представлена на рис. 3. Она отражается средствами веб-приложения мониторинга оперативной информации, поступающей по каналам связи, которое размещено по адресу <http://10.20.140.13/realtimemon/index.jsp> [8]. Синим цветом выделены строки, относящиеся к BUFR-информации.

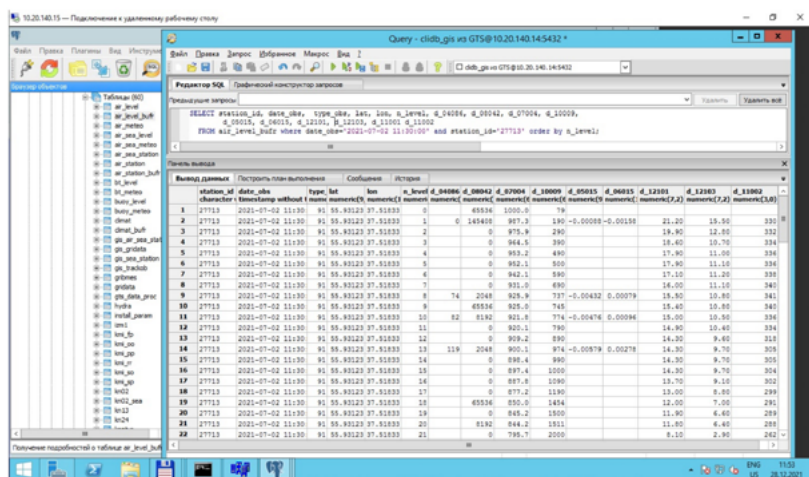


Рис. 1. Выбранные через приложение СУБД PostgreSQL данные с уровней вертикального зондирования с аэрологической станции Москва (индекс станции 27713)

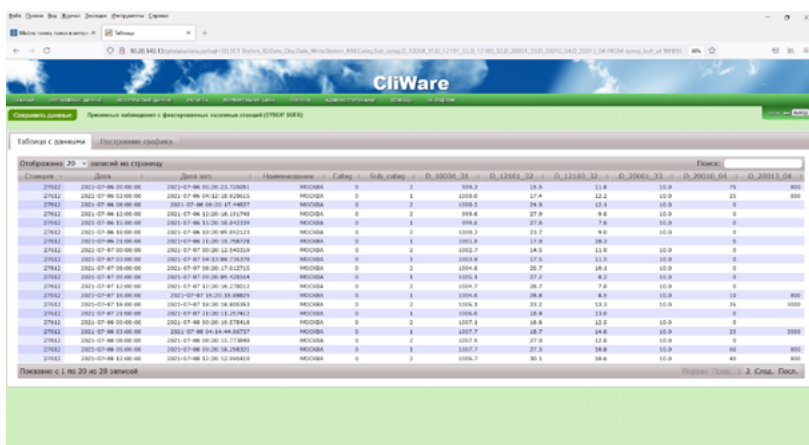


Рис. 2. Выбранные средствами системы *CLiWare 2.1* приземные данные с синоптической станции Москва, ВДНХ (индекс станции 27612)

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

Таблицы Clw X COMMI COMMI wmoon Яндекс 305_v1.2_Cr Mail.ru Отслежи Яндекс +

10.20.140.13/realtime/index.jsp 90% ☆

Время отсчета сбора статистики - 2021-07-15 10:00

Тип	Кол-во в час	Кол-во в сутки	Наименование	Описание
11	2	6252	temp	Аэрологические данные температурно-ветрового зондирования
12	0	1790	pilot	Аэрологические данные ветрового зондирования
20	2	1943	storm	Штормовые и иные предупреждения об опасных метеорологических явлениях
21	0	128	kp-68	Прогноз погоды по управлению
23	4	2029	warep	Штормовые сообщения наблюдательных подразделений
30	0	1	climat	Месячные климатические обобщения с наземных станций (CLIMAT и CLIMAT BUFR)
31	19	77922	synop	Приземные наблюдения с фиксированных наземных станций
32	0	296	kn-13	Информация о радиационной обстановке (КН-13)
34	0	15220	ship	Приземные наблюдения с морских станций
35	0	54	kn02_sea	Береговые гидрологические наблюдения на морских станциях и постах
71	0	11	bathy	Данные батитермических наблюдений
72	6	12252	tesac	Данные с морских станций о температуре, солености и течении
74	1	3479	buoy	Наблюдения с буев
75	0	1116	trackob	Наблюдения за поверхностью моря по маршрутам следования судов
81	1	1960	hydra	Гидрологические наблюдения на реках, озерах и водохранилищах
91	3	2248	temp bufr	Аэрологические данные температурно-ветрового зондирования (BUFR)
92	3	257	pilot bufr	Аэрологические данные ветрового зондирования (BUFR)
95	242	113612	synop bufr	Приземные наблюдения с фиксированных наземных станций (BUFR)

Итого наблюдений: за час 280 за сутки 240568

Рис. 3. Статистика поступления в базу данных оперативной информации

Заключение

Таблицы базы данных с оперативной информацией, поступающей по каналам связи в кодах BUFR, являются исходными массивами для формирования архивов АЭРОБАФР [9] и СИНОП БАФР. Технология создания архивов выполнена на базе системы ClWare 2.1 и сдана в эксплуатацию во ВНИИГМИ-МЦД в 2021 году. Данная технология очень важна и необходима в случае прекращения передачи аэрологической и синоптической информации по каналам связи ГСТ в традиционных буквенно-цифровых кодах, на базе которых создавались архивы АЭРОСТАС и СИНОП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/MigrationTDCF/PR6868/2015-09-25-PR-6868-OBS-WIS-DRMM-MIGRATION_ru.pdf
2. Беспрозванных А. В., Потапова Е. П., Сенова Л. Н., Ульянич Н. Л., Шерстюкова Р. А. Приём, обработка и использование метеорологической информации, поступающей с каналов связи // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 28–40.
3. Сенова Л. Н. Обработка системой OMEGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 186. С. 142–145.
4. Беспрозванных А. В., Сенова Л. Н., Ульянич Н. Л., Шерстюкова Р. А. Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare 2.1 – область применения // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 164–181.
5. Наставление по кодам. Международные коды. Т. I.2. Часть В – Двоичные коды. Часть С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов // Всемирная метеорологическая организация. ВМО-№306. Издание 2015 года. Обновлено в 2018 году. (https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v12/Volumel.2.html), https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=10684#YUsQJH3sRhF (https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10722).
6. http://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/Guides/BUFRCREXPreface_ru.html.
7. https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v12/PrevVERSIONS/PreviousVERSIONS.html (<https://community.wmo.int/activity-areas/wis/latest-version>).
8. <http://10.20.140.13/cliware/index.jsp>.
9. 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. 102–118.

УДК 556.043:681.3.016

РАЗРАБОТКА НОВОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СБОРА, ОБРАБОТКИ И НАКОПЛЕНИЯ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПО РЕКАМ И КАНАЛАМ ДЛЯ РЕЖИМНЫХ ЦЕЛЕЙ

А. И. Шевченко¹, И. Л. Готовченкова², Е. М. Степанова³

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ ashevchenko@meteo.ru, ² gil@meteo.ru, ³ stepanova@meteo.ru*

1. Состояние вопроса

С 2010 года в Российской Федерации и Белоруссии сбор, режимная обработка и накопление гидрологической информации по рекам и каналам осуществляется системой РЕКИ-РЕЖИМ.

Система оказалась достаточно успешной, и в последующие годы была внедрена в ряде стран СНГ и Монголии.

За период эксплуатации система РЕКИ-РЕЖИМ совершенствуется, модернизируется в соответствии с новыми методическими требованиями и новыми средствами измерений, расширяются возможности по предложениям пользователей. Система обеспечивает все этапы автоматизированной обработки данных гидрологических постов по рекам и каналам от первичных данных наблюдений до формирования справочников водного кадастра.

Система РЕКИ-РЕЖИМ реализована как десктопное приложение, имеет файловую систему хранения данных на базе отраслевого стандарта хранения гидрометеорологических данных ЯОД (язык описания гидрометеорологических данных) [4], система не имеет клиент-серверной архитектуры. Структура хранения данных имеет жёсткий формат, что не позволяет расширять перечень видов гидрологической информации, а также малыми трудозатратами адаптировать действующие программы для обработки данных учащённых наблюдений. Графический интерфейс и часть расчётных модулей реализованы с использованием среды разработки Delphi. Модули месячной, годовой обработки, пополнения

электронной базы ОГХ и сервисные программы разработаны на языке Visual Fortran. Для формирования гидрологической продукции в табличном виде применяется Microsoft Excel. Технология функционирует только под операционной системой Windows, что делает невозможным выполнение Приказа Росгидромета № 7 от 15.01.2018 г. об использовании отечественного офисного программного обеспечения (ПО).

В настоящее время в управлениях гидрометеорологической службы Росгидромета, включая все структурные подразделения, где производят обработку гидрологических данных, на компьютерах пользователей установлено около 350 экземпляров системы. Обмен данными выполняется посредством обмена файлами по электронной почте. Схема обработки гидрологических данных системой РЕКИ-РЕЖИМ представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема обработки гидрологических данных и формирование продукции системой РЕКИ-РЕЖИМ

Таким образом, архитектура и технологии, используемые в системе РЕКИ-РЕЖИМ, морально и технически устаревают. Становится актуальной задача разработки программного комплекса сбора, анализа и обработки гидрологических данных, подготовки информационной продукции и доведения её до потребителя в соответствии с современными требованиями к информационным технологиям и потребностям пользователей.

Новый программный комплекс должен соответствовать современному уровню развития компьютерных технологий и одновременно должен опираться на имеющиеся методические требования к обработке гидрологической информации, сохранить преемственность технологий и обеспечить однородность накопленных рядов гидрологических данных.

2. Требования к средствам сбора и подготовки исходных данных

Все гидрологические параметры, поступающие от автоматизированных средств измерений, должны усваиваться новой технологией с минимально возможным вмешательством человека в этот процесс. Программные средства должны быть разработаны таким образом, чтобы при появлении новых автоматизированных средств измерений можно было вносить необходимые дополнения без существенной переработки действующих программ.

Новая технология должна обеспечить эффективное занесение измеренных и наблюденных данных, полученных «традиционными» методами, то есть при помощи наблюдателя, и измерений, поступающих от автоматизированных комплексов.

В настоящее время результаты наблюдений и измерений на гидрологическом посту записываются в бумажные бланки – книжки и таблицы наблюдений. В системе РЕКИ-РЕЖИМ имеется этап занесения данных в экранные формы, которые повторяют формат бумажных бланков. Занесение осуществляется в центрах обработки информации в соответствии с действующим руководящим документом [1], куда по почте поступают бумажные бланки с месячным объёмом информации. У наблюдателей на гидрологических постах средств занесения данных на технический носитель нет.

Формат книжек и таблиц достаточно сложен и неудобен, как для пользователей, так и для автоматизированной обработки информации. В новой технологии этап ручного ввода данных должен быть существенно упрощён.

Во-первых, должна быть предусмотрена возможность ввода как месячной информации в центрах обработки данных, так и

ввода данных измерений за отдельные сроки, данных одного расхода воды или наносов и т. п. при наличии у наблюдателя соответствующих технических средств.

Во-вторых, бумажные бланки предусматривают кодирование целого ряда величин – состояния водного объекта, вида осадков, мест измерений, способов и особенностей измерений и т. д. Кодирование существенно увеличивает затраты ручного труда и возможность ошибок. В новых средствах занесения исходных данных все словесные характеристики должны выбираться из списков, кодирование должно осуществляться программно.

В-третьих, нынешние бумажные бланки предусматривают дублирование части информации. Например, сейчас измерения расхода воды и расхода наносов заносятся в разные виды бланков, и в каждом виде бланка повторяются одни и те же сведения – номера и местоположение вертикалей, глубина, скорость течения и т. п. Измерение расхода воды является неотъемлемой частью измерения расхода наносов. В новой технологии необходимо предусмотреть единую объединённую форму ввода для представления первичных данных измерений расхода воды и наносов.

В-четвёртых, следует исключить ручное определение и занесение всех величин, которые могут быть вычислены автоматически по первичным данным наблюдений. Одновременно следует разработать более чёткую методику определения гидрологических параметров, чтобы исключить возможность их двоякого толкования.

Таким образом, новые экранные формы для ручного занесения гидрологических данных должны коренным образом отличаться от существующих бумажных бланков. Процедура занесения данных должна быть простой, по возможности исключающей ошибки занесения. На этапе формирования массива первичных данных для обработки пользователь должен иметь возможность включить в обработку как данные ручных наблюдений, так и данные от автоматизированных комплексов, провести месячную обработку и первичный контроль данных, в том числе и при помощи графических средств визуализации информации.

Новая технология должна предусматривать возможность осуществлять контроль заносимой гидрологической информации в режиме реального времени с чётким указанием вида ошибки и места её обнаружения.

После занесения всей месячной информации должен осуществляться контроль второго уровня, построенный на сравнении значений нескольких элементов.

3. Требования к обработке информации для режимных целей

Основная задача обработки гидрологических данных – проведение необходимых расчётов и обобщений данных гидрологических наблюдений для подготовки материалов водного кадастра и обслуживания потребителей в соответствии с методическими документами [2, 3]. Традиционно обработка гидрологической информации по рекам и каналам подразделяется на месячную обработку (т.е. обработку месячной информации) и годовую обработку (т.е. обработку данных за гидрологический год, включающий 18 месяцев – с сентября года, предшествующего отчётному, по февраль последующего года).

Предлагается в новом программном комплексе сохранить эти два вида обработки. Необходимо обеспечить соблюдение всех действующих методик обработки информации для режимных целей.

Одновременно необходимо снять искусственные ограничения, которые были введены ранее в методических документах с целью снизить трудоёмкость ручных вычислений или для экономии места на технических носителях. В частности, в отличие от сложившейся практики, предлагается проводить все вычисления по неокруглённым данным, а округление осуществлять только при выдаче информации потребителю.

Должны обрабатываться данные всех произведённых на посту измерений и наблюдений. Все результаты обработки должны сохраняться на техническом носителе с возможностью выдачи их потребителю. Решение о целесообразности использования той или иной информации принимает потребитель.

Наиболее трудоёмким этапом обработки является расчёт ежедневных расходов воды (ЕРВ). В настоящее время существует две технологии расчёта ЕРВ. Одна из них включена в систему РЕКИ-РЕЖИМ в виде отдельного этапа и основана на традиционных методах расчёта. Другая (технология СТОК) разработана ФГБУ «ГГИ». В ней реализовано большее количество методов расчёта ЕРВ, но эта технология более громоздка и неудобна для пользователей, поэтому не получила широкого распространения. Кроме того, сейчас отсутствуют программные средства для расчёта оперативного учёта стока в соответствии с рекомендациями Р 52.08.872–2018 [5]. При разработке нового программного комплекса целесообразно использовать достоинства обеих технологий и возможность применения всех методов расчёта, рассмотренных в руководящем документе [6], в сочетании с дружественным интерфейсом, и реализовать расчёт оперативного учёта стока в соответствии с рекомендациями [5].

4. Требования к подготовке выходной продукции

В гидрологии материалы водного кадастра и материалы для обслуживания потребителей – это результаты годовой обработки гидрологических данных. Обслуживание потребителей первичными данными не производится.

Традиционно создаются таблицы двух справочников Водного кадастра – «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (ЕДС) и «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (МДС). Обслуживание потребителей осуществляется, как правило, этими таблицами.

Разработан также макет таблиц справочника «Ежегодные и многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (ЕМДС) с меньшим набором параметров, чем в справочниках ЕДС и МДС. Созданы соответствующие программные средства, получены пробные справочники. Однако вопрос практического использования таких «усечённых» таблиц остаётся открытым.

В новом программном комплексе нужно сохранить возможность формирования отчётов по форме таблиц ЕДС и МДС, но дополнительно необходимо разработать механизм, позволяющий

создавать таблицы с любым набором гидрологических параметров и за любой период в соответствии с запросом потребителя. Например, справочники Водного кадастра содержат только средние декадные температуры воды, в то время как в ряде случаев требуются ежедневные температуры.

Кроме того, в системе РЕКИ-РЕЖИМ для формирования отчётных материалов используется Microsoft Excel, что является существенным её недостатком. В новом программном комплексе необходимо использовать средства разработки для формирования отчётов в других форматах, например в формате html.

Нужны также средства выдачи пользователю результатов месячной обработки для анализа.

В системе РЕКИ-РЕЖИМ создаются 11 видов графиков. Этого количества вполне достаточно, они охватывают большинство гидрологических параметров. Однако нужно сделать программные средства получения графических материалов более современными, предоставить пользователю больше возможностей для работы с графиками в интерактивном режиме, шире использовать графическое представление информации для обслуживания потребителей.

5. Требования к хранению информации и архитектуре

Все данные наблюдений и измерений, а также результаты обработки, в новом программном комплексе следует хранить в единой централизованной базе данных. С учётом активного развития интернет-технологий новый программный комплекс целесообразно реализовать посредством веб-клиента, что обеспечит работу пользователей с системой в удалённом режиме. Одно из главных преимуществ такого подхода – отсутствие необходимости установки и обновления ПО на компьютерах пользователя, а доступ к системе осуществляется посредством веб-браузера.

С целью сохранения преемственности должны быть разработаны средства переформатирования информации в ЯОД [4]. Это обеспечит не только преемственность хранения данных в Госфонде Росгидромета с использованием отраслевого стандарта, но и обеспечит совместимость новой системы обработки с системой РЕКИ-РЕЖИМ.

Реализация нового программного комплекса сбора, обработки и накопления данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам для режимных целей с учётом требований, рассмотренных в статье, обеспечит сквозную автоматизированную технологию по выпуску ежегодных и многолетних справочников Водного кадастра от получения данных с АГК и наблюдателя до выпуска ЕДС, МДС, ЕМДС, ОГХ, включая все фазы контроля, анализа, расчётов, выборок и других. Предлагаемая архитектура новой системы обработки гидрологических данных представлена на рис. 2.

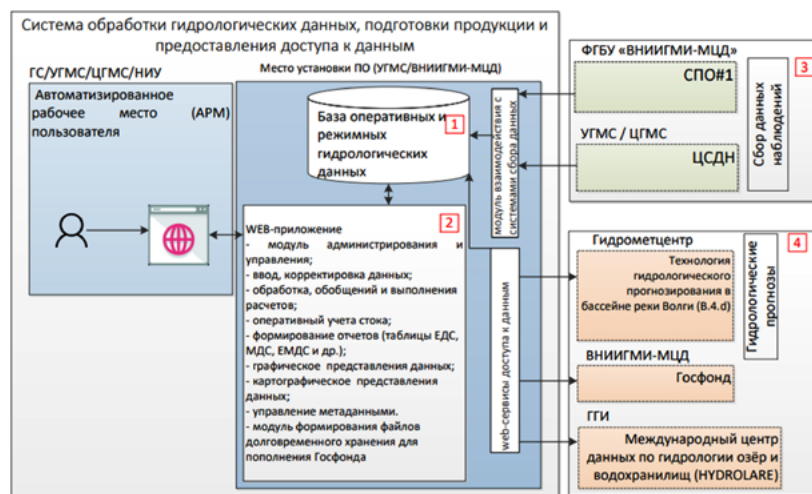


Рис. 2. Архитектура и компоненты новой системы обработки гидрологических данных.

1 – центральное хранилище гидрологических данных и продукции, взаимодействует с поставщиками и потребителями данных, имеет систему резервного копирования и механизмы разграничения прав доступа к данным;

2 – сервер приложений, установлен на веб-сервере в месте установки (местом установки может быть УГМС и/или ВНИИГМИ-МЦД), содержит весь необходимый функционал для работы с гидрологическими данными и средства подготовки продукции, доступ к приложению осуществляется посредством веб-интерфейса;

3 – системы сбора данных, которые являются поставщиками данных, поступающих по автоматизированным каналам связи;

4 – внешние системы (существующие и возможные в перспективе), которые являются потребителями гидрологических данных, доступ к центральной БД осуществляется посредством веб-сервисов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *РД 52.19.857–2016* Подготовка и занесение гидрологической информации. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016.
2. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Часть 3. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. Л.: Гидрометеоиздат, 1958.
3. *Методические указания* по ведению Государственного водного кадастра. Л.: Гидрометеоиздат, 1981.
4. *Методические указания* по организации гидрометеорологических данных на магнитных лентах ЕС ЭВМ. Язык описания гидрометеорологических данных / В. М. Веселов при участии Р. Г. Рейтенбаха, В. М. Копрова, В. М. Селунского. Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1977. 119 с. (Утверждено ЦКПМ в 1978 г.)
5. *Р 52.08.872-2018* Оперативный учёт стока на водотоках. Методы обработки наблюдений за уровнями и расходами воды.
6. *РД 52.08.XXX (проект)* «Обработка и обобщение данных наблюдений за стоком воды на реках и каналах при подготовке справочных изданий водного кадастра» (ФГБУ «ГГИ», 2021).

УДК 556.043:681.3.016

ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ В МЕТОДИКЕ РЕЖИМНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ВОДОТОКАХ (РЕКИ И КАНАЛЫ)

И. Л. Готовченкова¹, А. И. Шевченко², Л. И. Яковенко³

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

¹ gil@meteo.ru, ² ashevchenko@meteo.ru, ³ liv@meteo.ru

Введение

Потребителями гидрологической информации являются в основном проектные организации, занимающиеся гидрометеорологическими изысканиями в области строительства гидротехнических сооружений, нефте- и газопроводов, дорог и т. п., а также специалисты, занимающиеся климатическими исследованиями. У этих потребителей востребованы не данные измерений и наблюдений, а результаты месячных и годовых обобщений этих данных за весь период работы гидрологического поста. Именно эта информация помещается в ежегодные и многолетние справочники водного кадастра и служит основой для расчётов при обслуживании потребителей.

Методика обработки гидрологических данных весьма сложна и часто неоднозначна. Это связано с большим разнообразием размеров водотоков, гидрографических и климатических условий их протекания. Имеются и субъективные факторы – большинство нормативных документов было разработано 40–50 лет назад.

В последние пять лет ФГБУ «ГГИ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» проведена большая работа по изменению и уточнению методики обработки гидрологической информации по водотокам. Это обусловлено рядом причин:

- автоматизацией обработки гидрологической данных, при которой неоднозначность недопустима;
- появлением новых средств измерений гидрологических параметров;

- более глубоким учётом потребностей потребителей, в том числе необходимостью обеспечения единой для всех регионов Российской Федерации методики обработки информации.

Большинство изменений и уточнений инициированы специалистами сетевых организаций Росгидромета, занимающимися обслуживанием потребителей, а также потребителями. Предложения по изменению методики подготовлены ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», а решение по изменению методики принято ФГБУ «ГГИ» как главным методистом в области обработки гидрологической информации.

В данной статье описаны наиболее важные изменения в методике обработки гидрологической информации, принятые в последние годы.

Часть сделанных изменений вошла в изданные в последние годы руководящие документы по обработке гидрологической информации [2, 5], остальные изменения включены в проект руководящего документа «Определение гидрологических характеристик по рекам и каналам в условиях автоматизированной обработки информации для получения материалов водного кадастра», издание которого запланировано на конец 2022 года.

1. Вычисление среднего суточного уровня воды

При вычислении среднего суточного уровня воды рассматривались только значения уровней, измеренные в стандартные сроки наблюдений, для гидрологических наблюдений это 8:00 и 20:00 местного времени. Учащённые измерения использовались только при наличии значений уровня в 0 часов рассматриваемых и последующих суток [1].

Появление автоматических гидрологических комплексов (АГК) и необходимость учёта всех имеющихся измерений уровня воды привели к пересмотру этого подхода.

Теперь средний суточный уровень воды вычисляется по формуле трапеций с использованием всех имеющихся данных наблюдений за уровнем в расчётные сутки вне зависимости от источника данных.

При наличии учащённых данных наблюдений за уровнем воды (три и более сроков наблюдений за сутки) средний суточный

уровень вычисляется с учётом уровней в 0 часов расчётных суток и 0 часов последующих суток. В случаях, когда при учащённых наблюдениях отсутствуют данные измерения уровня воды на границе суток в 0 часов (расчётных или последующих суток), значение уровня воды в эти сроки вычисляется методом линейной интерполяции между значениями уровня воды в последний срок предшествующих суток и первый срок последующих суток [2].

2. Вычисление средней месячной температуры воды и среднего годового расхода воды

Для упрощения вычислений, проводимых вручную, средняя месячная температура воды определялась как среднее арифметическое из средних декадных значений [1]. Это приводило к завышению значения средней месячной температуры в октябре и занижению её значения в марте, т. к. данные за последнюю декаду месяца имели тот же вес, что и данные за первые две декады, хотя продолжительность третьей декады составляет 11 дней, а не 10.

Также с целью упрощения вычислений средний годовой расход воды вычислялся как среднее арифметическое из 12 средних месячных расходов [3]. Для малых водотоков, пересыхающих летом и промерзающих зимой, это приводило иногда к парадоксальным результатам, когда сток воды за половодье оказывался больше годового стока.

Автоматизация обработки позволила отказаться от этих упрощений и вычислять среднюю месячную температуру воды и средний годовой расход воды как среднее арифметическое из средних суточных значений. Таким образом, потребители получают теперь более точную информацию.

3. Определение высшего уровня весеннего ледохода

Высший уровень ледохода – весьма важная и востребованная характеристика, т.к. ледоход может быть опасным явлением, приводящим к разрушению мостов и других инженерных сооружений, расположенных на водотоках.

В действующих нормативных документах, разработанных более 40 лет назад и определяющих порядок обработки

информации для получения ежегодных и многолетних справочников водного кадастра, имелось противоречие. Для ежегодных справочников под весенним ледоходом понимались только сроки наблюдений, в которые наблюдался ледоход. Соответственно методика предписывала выбирать высший уровень весеннего ледохода только из этих сроков наблюдений [4]. Для многолетнего справочника под весенним ледоходом понимался весь период ледохода от первого до последнего дня с этим явлением, и высший уровень выбирался из всех сроков этого периода даже при отсутствии ледохода в отдельные сроки [3].

В настоящее время противоречие устранено, для включения высшего уровня весеннего ледохода в любые справочники водного кадастра и обслуживания потребителей рассматривается уровень во все сроки периода ледохода.

4. Формирование данных по дождевому паводочному стоку

Исторически сложилось, что данные по дождевому паводочному стоку формировались по-разному. Специалисты некоторых УГМС выделяли наибольшие в году единичные дождевые паводки, другие УГМС – наибольшие дождевые паводки в тёплое и холодное время года. В многолетних справочниках водного кадастра формировались три разных формы таблицы по дождевому паводочному стоку, что делало данные несопоставимыми [3]. Как показывает практика, для потребителей важны максимальные годовые дождевые паводки без разделения их по сезонам года.

Следует сказать, что само понятие тёплого и холодного времени весьма условно. Кроме того, методические документы допускали переход через границы календарного года только паводка в холодное время года. Таким образом, на посту, где, как правило, выделялся наибольший в году паводок, в отдельные годы приходилось относить паводок к холодному времени года и помещать данные по нему в другую форму таблицы.

Сейчас предложено выделять для всех гидрологических постов только наибольшие в году единичные дождевые паводки. Период паводка может переходить через границы календарного года. Уточнено, что в многолетнем плане паводок должен относиться к

тому календарному году, в котором наблюдался его пик (наибольший срочный расход за период паводка). Таким образом, паводок может начаться в предшествующем году и завершиться в отчётном либо начаться в отчётном году и завершиться в следующем [5].

Принятые решения привели к необходимости внесения серьёзных изменений в программные средства обработки гидрологической информации. В настоящее время эта работа полностью выполнена. Потребовалось также корректное объединение накопленных за многолетие массивов по дождевому паводочному стоку в тёплое и холодное время года в единый массив наибольших в году паводков. Часть УГМС выполняют эту работу самостоятельно, специалистам двух УГМС оказали помощь сотрудники ВНИИГМИ-МЦД.

5. Определение границ сезонов гидрологического года

Гидрологический год охватывает период с сентября предыдущего года по февраль последующего года.

Такие гидрологические характеристики, как экстремальные уровни воды, наименьшие расходы воды, наиболее маловодные 30-суточные периоды определяются отдельно для тёплого и для холодного сезонов года.

Для холодного сезона общепринятым является термин «зимний период», так этот сезон назван во всех справочниках водного кадастра.

С тёплым сезоном ситуация сложнее. Первоначально в методических документах фигурировал термин «летне-осенняя межень» [4]. Термин неверен, так как, например, высший уровень воды попадает, как правило, на период дождевых паводков, а не межени. Позже в документах появился термин «открытое русло» [3], но название не соответствовало правилам определения границ этого сезона.

Сами правила определения границ сезонов отличались в различных документах и были весьма не однозначны [3, 6]. В регионах сложилась разная практика определения этих границ.

В настоящее время для тёплого сезона для всех справочников водного кадастра принят термин «летне-осенний период».

Определены однозначные правила определения границ зимнего периода и летне-осеннего периода.

Зимний период начинается с момента появления устойчивых ледяных образований.

Половодье является отдельной фазой водного режима, и при наличии ярко выраженного весеннего или весенне-летнего половодья оно не входит ни в зимний, ни в летне-осенний периоды.

При отсутствии ярко выраженного половодья окончание зимнего и начало летне-осеннего периодов определяются по состоянию водного объекта – наличию или отсутствию ледовых явлений.

6. Определение наибольших за месяц и год мутностей и расходов наносов

В действующих нормативно-методических документах имелось противоречие. Часть из них исходила из положения, что при увеличении мутности потока пробы воды, взятые для определения мутности, не могут сливаться за несколько дней в одну пробу. Соответственно, эти документы устанавливали, что экстремальные значения мутности и связанных с ней расходов наносов могут быть определены только из ежедневных значений [7]. Слитые за несколько дней пробы мутности не рассматривались.

Другая часть документов допускала рассмотрение всех имеющихся значений мутности [3].

Анализ поступающих данных показал, что на практике пробы мутности сливаются за несколько дней даже при экстремальных значениях, и если не рассматривать эти пробы, максимальное за год значение может оказаться ниже одного или нескольких декадных значений мутности и расхода наносов. Поэтому было предложено при определении максимума за месяц и год рассматривать все имеющиеся реальные значения мутности и расхода наносов.

Заключение

Проводимая в последние годы работа по совершенствованию методики обработки гидрологической информации очень важна

и актуальна. Она позволяет увеличить степень автоматизации режимной обработки данных водотоков, упростить за счёт автоматизации процесс получения справочников водного кадастра, унифицировать информацию для потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. II: «Гидрологические наблюдения на постах». Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 263 с.
2. *РД 52.08.887–2019*. «Обработка данных наблюдений за уровнями воды на реках и каналах при подготовке справочных изданий водного кадастра». СПб.: ФГБУ «ГГИ», 2020.
3. *Методические указания* по ведению Государственного водного кадастра. Раздел 1, вып. 4, ч. 1 «Составление и подготовка к печати «Многолетних данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 80 с.
4. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. 3: «Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника». Л.: Гидрометиздат, 1958. 290 с.
5. *РД 52.19.896–2020*. «Формирование электронного архива «Обобщённые гидрологические характеристики речных гидрологических постов» на технических носителях». Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2020. 106 с.
6. *Дополнения и изменения к методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра*. Раздел 1, вып. 3, ч. 1 «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 78 с.
7. *Методические указания* по «Составлению и подготовке к печати «Ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л., 1979. 163 с.

УДК 551.524

Оценка трендов температуры воздуха в России с использованием однородных данных. Финаев А.Ф., Разуваев В.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 5 – 17.

В статье приводятся результаты использования однородных данных для оценки тенденции изменения среднегодовой температуры воздуха на территории России. Гомогенизация неоднородных данных 518 метеорологических станций выполнена пакетом RHtest ранее. Однородные данные получены корреляционной моделью без эталонного ряда и алгоритмом квантильного согласования (Quantile-Matching). Рассматриваются два варианта тенденции среднегодовой температуры на территории России, их отличия и ошибки неоднородных данных. Использование однородных данных в расчётах улучшает оценку тенденции изменения климата. Предлагаемую методику можно использовать для оценки трендов других метеорологических элементов.

Ключевые слова: климат, метеорология, температура воздуха, гомогенизация, однородные ряды, температурный тренд.

Ил. 5. Табл. 3. Библиогр. 19.

УДК 551.501.774 (470+571)

Оценка многолетних изменений характеристик гололёдно-изморозевых отложений на территории России. Аржанова Н.М., Коршунова Н.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 18 – 29.

В статье проанализированы тенденции изменений характеристик (число случаев, продолжительность и вес) всех видов гололёдно-изморозевых отложений на территории России по данным в точке, а также по рядам средних для 18 квазиоднородных климатических регионов. Регионы выбраны на основании классификации Алисова. Расчёты выполнены по данным 1338 метеорологических станций с 1984 по 2019 год. Выявлены региональные особенности изменения рассматриваемых характеристик в зависимости от вида гололёдно-изморозевого отложения.

Ключевые слова: гололёд, кристаллическая изморозь, зернистая изморозь, отложение мокрого снега, тенденции изменений.

Ил. 4. Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 630.43

Лесные пожары России в условиях изменяющегося климата. Шерстюков Б. Г. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 30 – 40.

По фактическим данным о количестве и площади лесных пожаров по субъектам Федерации России показано, что в первые два десятилетия XXI века уменьшалось количество лесных пожаров. При этом лесная площадь, пройденная огнём, до 2013 года оставалась примерно на одном уровне, а в последние годы возросла в 4–5 раз за счёт увеличения количества крупных пожаров. Уменьшение количества лесных пожаров в начале XXI века связано с понижением летней температуры и с увеличением количества осадков в лесных районах России на интервале 2001–2019 гг. Количество лесных пожаров тесно связано с количеством дней за год с индексом В. Г. Нестерова больше 1000 на Европейской территории России и на юге Западной Сибири. В других районах критерий индекса, равный 1000, не является надёжным показателем горимости леса за сезон. Индекс засушливости Д. А. Педя оказался более универсальным для всех регионов России.

Ключевые слова: изменение климата, лесные пожары, индекс засушливости.

Ил. 8. Библиогр. 4.

УДК 551.501:551.515

О деятельности организаций Росгидромета по ведению Госфонда данных. Шаймарданов В. М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 41 – 56.

Рассматривается деятельность всех организаций – участников создания фонда гидрометеорологических данных, который хранится централизованно на лентах роботизированной библиотеки большой ёмкости, а также в фондах организаций Росгидромета. На начало 2021 года в Госфонде Росгидромета хранится 2 754 038 единиц хранения документов на бумажном носителе информации; 865 393 единицы хранения документов на фотоносителях; 1859,27 Гб записано в роботизированную библиотеку. Указаны объёмы данных Госфонда Росгидромета по видам наблюдений на различных носителях.

Данные за многолетние периоды, хранящиеся в ЕГФД, востребованы во многих отраслях народного хозяйства и не менее востребованы при исследовании изменения климатических условий.

Сотрудниками отделов фонда различных организаций Росгидромета только в 2020 году выполнено в общей сложности 7940 запросов на гидрометеоинформацию.

Ключевые слова: архивная система, Единый государственный фонд данных, система ведения фонда данных, гидрометеорологические наблюдения.

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

Вертикальная структура многолетних статистических характеристик скорости ветра в нижнем слое тропосферы над земным шаром по результатам радиозондирования атмосферы за 1964–2018 гг. Алдухов О.А., Черных И.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 57–70.

Приведены результаты анализа вертикальной структуры многолетних характеристик скорости ветра в нижнем двухкилометровом слое тропосферы над земным шаром, Северным и Южным полушариями. Расчёты выполнены по данным радиозондирования за период наблюдений 1964–2018 гг. Для расчётов скорости использован метод сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы. Определены интервалы внутригодовых изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра в нижнем слое тропосферы над земным шаром, Северным и Южным полушариями. Определены высоты, на которых зафиксированы наибольшие значения статистик и соответствующие месяцы.

Ключевые слова: скорость ветра, радиозондовые данные, климат, нижний слой тропосферы, земной шар, Северное и Южное полушария.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. 25.

УДК 551.465.7

Эль Ниньо – Южное колебание. Методика определения. Вязилов А.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 71–80.

В работе представлены основные климатические индексы, используемые для идентификации климатического колебания ЭНЮК в Тихом океане, а также методики, используемые в работах различных авторов, определения начала, основного развития и затухания тёплой (Эль Ниньо) и холодной фазы колебания (Ла Нинья).

Ключевые слова: ЭНЮК, Эль Ниньо, Ла Нинья.

Ил. 2. Библиогр. 15.

УДК 551.465.7

О циклонической активности в Северной Атлантике в зимний сезон по данным реанализов ERA-5 и NCEP/DOE. Вязилова Н.А., Вязилов А.Е. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 81 – 92.

Проведено сравнение климатических характеристик циклонической активности в различных районах Северной Атлантики и Европы в зимний сезон, полученных на основе одного метода идентификации циклонов и данных двух реанализов, ERA-5/ECMWF и NCEP/DOE, за период с 1979 по 2020 год. Использование данных реанализа ERA-5 даёт более высокое количество генерируемых траекторий и центров циклонов, а также более высокие значения индекса циклонической активности, по сравнению с реанализом NCEP/DOE практически во всех выделенных районах региона исследования.

Ключевые слова: траектории циклонов, циклоническая активность.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

Географическое распределение трендов первого и второго порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на разных высотах в атмосферном слое 0–2 км над Арктикой по результатам радиозондовых наблюдений за 1964–2018 гг. Алдухов О.А., Черных И.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 93 – 114.

Представлены результаты анализа географического распределение трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на высотах 0, 0,5 и 1,6 км над уровнем земли для Арктики. Вычисления выполнены по данным радиозондирования за период наблюдений 1964–2018 гг. Для расчётов температуры использован метод сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы. Определены районы с положительными и отрицательными значениями трендов 1-го и 2-го порядка аномалий среднегодовой температуры воздуха на изучаемых высотах. Полученные результаты согласуются с расчётами по данным метеорологических наблюдений в Арктике.

Ключевые слова: температура воздуха, данные радиозондовых наблюдений, метеорологические наблюдения, климат, 0–2-км атмосферный слой, Арктика.

Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. 26.

УДК 681.3.06:551.58

Автоматизированная система учёта наблюдательных подразделений (АСУНП) Росгидромета. Беспрозванных А.В., Сенова Л.Н., Ульянович Н.Л., Шерстюкова Р.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 115 – 125.

В статье описываются основные функции автоматизированной системы учёта наблюдательных подразделений Росгидромета, а также принципы организации таблиц базы данных. Представлен механизм для хранения истории подразделений, способ определения периода действия каждой записи в базе данных.

Ключевые слова: Автоматизированная система учёта наблюдательных подразделений Росгидромета, описание организации таблиц базы данных, ведение истории подразделения.

Ил. 6. Библиогр. 3.

УДК 551.501:551.515

Система обеспечения пользователей данными об опасных явлениях на основе информационных массивов долговременного хранения Единого государственного фонда данных. Коршунов А.А., Шаймарданов В.М., Шаймарданов М.З. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 126 – 143.

Рассматривается система обеспечения пользователей данными об опасных явлениях Единого государственного фонда данных. При этом особое внимание уделяется системе обеспечения пользователей статистическими данными об опасных гидрометеорологических явлениях и неблагоприятных условий погоды, нанёсших социальные и экономические потери и ущербы, на основе создания специализированных массивов, ориентированных на конкретные отрасли экономики и виды экономической деятельности.

Ключевые слова: архивная система, Единый государственный фонд данных, неблагоприятные условия погоды, опасные гидрометеорологические явления, система ведения Фонда данных.

Ил. 3. Библиогр. 20.

УДК 551.579:33

Экономическая полезность использования гидрометеорологической информации в 2020 году. Рыбанова А.Ю., Воробьёва Л.Н. 2021. Вып. 188. С. 144 – 153.

Рассматриваются вопросы, связанные с экономической оценкой полезности гидрометеорологических прогнозов с целью продемонстрировать ценность данных экономического эффекта от использования гидрометеорологической информационной продукции по видам экономической деятельности. Показана динамика роста экономического эффекта за последние 12 лет, и приведены оценки экономического эффекта использования гидрометеорологической информации в 2020 году в основных видах экономической деятельности.

Ключевые слова: экономическая полезность, экономический эффект, опасные гидрометеорологические явления, неблагоприятные условия погоды, социально-экономическая система.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 14.

УДК 551.515 (470+571)

Основные тенденции появления опасных гидрометеорологических явлений, нанёсших ущерб на территории Российской Федерации. Шамин С.И., Санина А.Т. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 154 – 166.

Описан метод обобщения сведений об опасных гидрометеорологических явлениях, нанёсших ущерб. На основе уточнённой базы данных «Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России» (свидетельство о государственной регистрации № 2019621326, авторы: С.И. Шамин, Л.К. Бухонова, А.Т. Санина) рассмотрены тенденции появления опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений по 10-летиям, 5-летиям и в целом за исследуемый период. Выявлен существенный рост опасных агрометеорологических явлений в последнем 10-летии по сравнению с предыдущим. Отмечена тенденция возрастания числа наводнений в паводки и числа случаев низкой межени. Статистически обосновано, что комплекс неблагоприятных гидрометеорологических явлений необходимо полнее учитывать как фактор, влияющий на нанесение ущерба наравне с другими видами опасных гидрометеорологических явлений.

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления, частота появления опасных явлений, линейный тренд.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. 8.

УДК 551.501:004

Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare 2.1 – методика расчётов обобщённых характеристик метеорологических величин. Беспрозванных А.В., Шерстюкова Р.А., Ульянич Н.Л., Сенова Л.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 167 – 176.

В статье описывается методика расчётов обобщённых характеристик, производимых системой CliWare 2.1, а также принципы выборки и организация таблиц, хранящих характеристики для вычисляемых в системе характеристик, общим числом более 4000.

Ключевые слова: принципы выборки данных для расчётов, оперативные данные и работа с ними в CliWare 2.1, исторические данные, пользовательские задачи, получение климатической продукции.

Библиогр. 6.

УДК 556.043:681.3.016

Подготовка справочных изданий водного кадастра при автоматизированной обработке данных гидрологических наблюдений. Яковенко Л.И., Готовченкова И.Л., Шевченко А.И. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 177 – 188.

Описана история подготовки и публикации справочных изданий водного кадастра для обслуживания потребителей гидрологической информацией по рекам и каналам. Рассмотрено современное состояние автоматизированной подготовки таблиц изданий, содержащих ежегодные и многолетние гидрологические данные. Более подробно рассмотрена подготовка справочного издания водного кадастра «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» по рекам и каналам (ЕМДС).

Ключевые слова: гидрологические наблюдения, гидрологическая продукция, реки, каналы, водный кадастр, ежегодные и многолетние данные, ЕМДС.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. 13.

УДК 551.501.4:551.510.53

Структура и содержание таблиц базы данных аэрологических и синоптических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR. Сенова Л. Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 189 – 210.

Для хранения оперативных аэрологических данных вертикального зондирования (не со спутника), поступающих по каналам связи в кодах BUFR, используются таблицы реляционной базы данных. Приведено описание состава и структуры таблиц. Таблицы содержат идентификационную и метеорологическую части наблюдения, а также данные уровней высокого вертикального разрешения с привязкой ко времени и географическим координатам по каждому уровню.

Ключевые слова: ГСТ, каналы связи, оперативные данные, BUFR, ТОКФ, база данных.

Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. 9.

УДК 556.043:681.3.016

Разработка нового программного комплекса сбора, обработки и накопления данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам для режимных целей. Шевченко А. И., Готовченкова И. Л., Степанова Е. М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 211 – 219.

В настоящее время в Российской Федерации, Беларуси, ряде стран СНГ и Монголии используется система сбора, хранения и обработки гидрологической информации по рекам и каналам РЕКИ-РЕЖИМ.

В статье рассматриваются недостатки, присущие этому программному комплексу, и обосновывается необходимость создания и внедрения нового современного комплекса программных средств, которое обеспечит кросс-платформенность, веб-ориентированность, централизованное хранение данных, а также устранил недостатки действующей системы РЕКИ-РЕЖИМ.

Ключевые слова: гидрологические наблюдения, реки, каналы, методика обработки, гидрологические данные.

Ил. 2. Библиогр. 6.

УДК 556.043 : 681.3.016

Обзор изменений в методике режимной обработки данных гидрологических наблюдений на водотоках (реки и каналы). Готовченкова И.Л., Шевченко А.И., Яковенко Л.И. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 220 – 226.

У потребителей гидрологической информации востребованы в основном не данные непосредственных измерений и наблюдений на водном объекте, а результаты месячных и годовых обобщений этих данных за многолетний период наблюдений.

Методика обработки гидрологических данных сложна. Периодически в неё вносятся изменения для более детального учёта таких факторов, как размер водотока, географические и климатические условия его формирования. Учитываются также устаревание действующих методических документов и необходимость учёта требований потребителей.

В статье описаны наиболее важные изменения в методике обработки гидрологических данных, принятые в последние годы.

Ключевые слова: гидрологические наблюдения, реки, каналы, методика обработки, водный кадастр.

Библиогр. 7.

UDC 551.524

Assessment of air temperature trends in Russia using results of data homogenization. Finaev A.F., Razuvaev V.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 5 – 17.

The article presents the results of using homogeneous data to assess the trend in the average annual air temperature change in Russia. Homogenization of heterogeneous data from 518 meteorological stations was earlier performed by the RHtest package. Homogeneous data were obtained by a correlation model without a reference data series and by the Quantile-Matching algorithm. Two variants of the average annual temperature tendency on the territory of Russia, their differences and errors of inhomogeneous data are considered. The use of homogeneous data in calculations improves the assessment of the climate change trend. The proposed methodology can be used to assess trends for other meteorological parameters.

Keywords: climate, meteorology, air temperature, homogenization, homogeneous data series, temperature trend.

Fig. 5. Tab. 3. Ref. 19.

UDC 551.501.774 (470+571)

Estimating long term changes of glaze-ice and rime deposition characteristics over the Russian territory. Arzhanova N.M., Korshunova N.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 18 – 29.

The paper analyzes the trend of all forms of glaze-ice and rime deposition (incidence, duration and weight) over the Russian territory. The analysis is based on in situ data and on series of averages over 18 quasi-homogeneous climate regions. The regions are selected from Alisov's classification. The calculations are performed from data obtained at 1338 meteorological stations for the period 1984–2019. Regional special features of the change in the characteristics considered depending on the form of glaze-ice and rime deposition are identified.

Keywords: glaze ice, crystal rime, granular rime, sleet formation, trend.

Fig. 4. Tab. 3. Ref. 9.

UDC 630.43

Forest fires in Russia in changing climate. Sherstyukov B. G. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 30 – 40.

Based on actual data on the number and area of forest fires in the constituent entities of the Russian Federation, it is shown that in the first two decades of the 21st century, the number of forest fires decreased. At the same time, the forest area covered by fire remained approximately at the same level until 2013, and in recent years it has increased by four to five times due to an increase in the number of large fires. A decrease in the number of forest fires at the beginning of the 21st century is associated with a decrease in summer temperatures and an increase in precipitation at the same months in the forest regions of Russia in the period 2001–2019. The number of forest fires is closely related to the number of days per year with the V.G. Nesterov index of more than 1000 in the European part of Russia and in the south of Western Siberia. In the other areas, the index criterion of 1000 is not a reliable indicator of forest fire rate per season. The Ped aridity index turned out to be more universal for all regions of Russia.

Keywords: climate change, forest fires, aridity index.

Fig. 8. Ref. 4.

UDC 551.501:551.515

Activities of Roshydromet's organizations on the maintenance of the State Environmental Data Fund (SEDF). Shaimardanov V. M. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 41 – 56.

The activities of organizations participating in the creation and maintenance of the environmental data fund stored both in the centralized repository on the large-capacity robotic library tapes and in the repositories of Roshydromet's organizations. As at the start of 2020, SEDF of Roshydromet holds 2 723 245 storage units on paper, 865 393 storage units on photo media, and 1 806.78 GB in the robotic library. The data of the SEDF of Roshydromet are presented by types of observations on various media.

Long-term data are needed by a large number of users representing different sectors of national economy. Such data are also widely used in the climate change study.

In 2020 alone, data fund units of various Roshydromet's organizations fulfilled a total of 7940 requests for hydrometeorological information.

Keywords: archive system, State Environmental Data Fund, system of the Data Fund maintenance, hydrometeorological observations.

Fig. 3. Tab. 4. Ref. 7.

UDC 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

Vertical structure of multi-year statistical characteristics of wind speed in the lower troposphere over the Globe from results of atmospheric radiosounding for 1964–2018. Aldukhov O.A., Chernykh I.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 57 – 70.

The results of the analysis of the vertical structure of multi-year wind-speed characteristics are presented for the lower troposphere over the Globe, Northern and Southern Hemispheres. The calculations are based on radiosonde data for the observational period 1964–2018. The Akima cubic spline interpolation is used in wind speed calculation. The intervals of annual changes in the long-term monthly means and standard deviations of the wind speed in the lower troposphere over the Globe, Northern and Southern Hemispheres are determined. The heights are determined at which the highest values of statistics and the corresponding months are recorded.

Keywords: wind speed, radiosonde data, climate, lower troposphere, the Globe, Northern and Southern Hemispheres.

Fig. 4. Tab. 2. Ref. 25.

UDC 551.465.7

The El Niño – Southern Oscillation. Determination methods. Viazilova N.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 71 – 80.

The paper presents the main climatic indices used to identify the ENSO climatic fluctuation in the Pacific Ocean, as well as the methods used in the works of various authors to determine the onset, main development, and attenuation of the warm (El Niño) and cold (La Niña) phases of the fluctuation.

Keywords: ENSO, El Niño, La Niña.

Fig. 2. Ref. 15.

UDC 551.465.7

On cyclonic activity in the North Atlantic in winter based on ERA-5 and NCEP/DOE reanalyses. Viazilova N.A., Viazilov A.E. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 81–92.

A comparison is made of the climatic characteristics of cyclonic activity in different regions of the North Atlantic and Europe in the winter season that are obtained from cyclone identification method and two reanalyses ERA-5/ECMWF and NCEP/DOE for the period 1979–2020. The use of ERA-5/ECMWF reanalysis data provides a higher number of generated cyclone trajectories and cyclone centers, as well as higher values of the cyclonic activity index, in comparison with the NCEP/DOE reanalysis in almost all selected areas of the study region.

Keywords: cyclonic activity, cyclone trajectories.

Fig. 4. Tab. 1. Ref. 6.

UDC 551.55:551.58<<1964/2018>>(98)

Geographical distribution of first and second-order trends in average annual air temperature anomalies at different heights in the 0–2 km atmospheric layer over the Arctic Region from radiosounding results for 1964–2018. Aldukhov O.A., Chernykh I.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 93–114.

The results of the analysis of geographical distributions of first and second-order trends in average annual air temperature anomalies are presented at the 0, 0.5 and 1.6-km heights above the ground for the Arctic Region. The calculations are based on radiosonde data for the observational period 1964–2018. The Akima cubic spline interpolation is used in air temperature calculation. The regions with positive and negative values of first- and second-order trends in average annual air temperature anomalies at the heights under study are determined. The obtained results agree with the calculations based on meteorological observations in the Arctic Region.

Keywords: air temperature, data of radiosonde measurements, meteorological observations, climate, 0–2-km atmospheric layer, Arctic Region.

Fig. 2. Tab. 2. Ref. 26.

UDC 681.3.06:551.58

Automated accounting system for observation units (ASUNP) of Roshydromet. Besprozvannykh A.W., Senova L.N., Ulyanich N.L., Sherstyukova R.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 115 – 125.

The article describes the main functions of the automated accounting system for the observation units of Roshydromet, as well as the principles of organizing the database tables. A mechanism for storing the history of departments and a method for determining the validity period of each record in the database are presented.

Keywords: Automated accounting system for observation units of Roshydromet, description of the organization of the database tables, unit history maintenance.

Fig. 6. Ref. 3.

UDC 551.501:551.515

A system of providing users with data on hazards based on the long-term storage data sets available in the Unified State Data Fund. Korshunov A.A., Shaimardanov V.M., Shaimardanov M.Z. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 126 – 143.

A system of providing users with hazards data of the Unified State Data Fund is considered. Special attention is given to the system of providing users with statistical data on hydrometeorological hazards and unfavourable weather that caused social and economic losses and damages. The system is based on specialized data sets oriented to specific economic sectors and economic activities.

Keywords: archive system, Unified State Data Fund, unfavourable weather, hydrometeorological hazards, Data Fund Maintenance System.

Fig. 3. Ref. 20.

UDC 551.579:33

Benefit from using hydrometeorological information in 2020. Rybano-
va A.Yu., Vorobyova L.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188.
P. 144 – 153.

The article considers the issues related to evaluating the benefit of hydrometeorological forecasts. The aim of the article is to show the value of the data on the benefit of hydrometeorological information products used in different economic activities. Dynamics of the benefit growth for the past twelve years is shown. Estimates of the benefit from using hydrometeorological information in 2020 in the major economic activities are presented.

Keywords: benefit, economic effect, hydrometeorological hazards, unfavourable weather conditions, socio-economic system.

Fig. 3. Tab. 1. Ref. 14.

UDC 551.515 (470+571)

Major trends in hydrometeorological hazards that did damage on the territory of the Russian Federation. Shamin S.I., Sanina A.T. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 154 – 166.

A method of generalization of information on hydrometeorological hazards that did damage is described. Based on specified database «Information on hazardous and unfavourable hydrometeorological events that did damage to the economy and population of the Russian Federation» (registration certificate N 2019621326, authors: S.I. Shamin, L.K. Bukhonova, A.T. Sanina), trends in frequency of hazardous and unfavourable hydrometeorological events are considered for decades, five-year periods and the whole period under study. A trend for the increase in the number of floods during flood periods and the number of low-water events is indicated. It is statistically derived that the totality of unfavourable hydrometeorological events should be better taken into account as a factor that affects the damage to the same extent as other hydrometeorological hazards.

Keywords: hydrometeorological hazards, frequency of hazards, linear trend.

Fig. 3. Tab. 3. Ref. 8.

UDC 551.501:004

CliWare 2.1 system for hydrometeorological information management and climatic products receiving: calculation method for obtaining generalized characteristics of meteorological variables. Besprozvannykh A.W., Sherstyukova R.A., Ulyanich N.L., Senova L.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 167–176.

The article describes the methodology for calculating the generalized characteristics produced by the CliWare 2.1 system, as well as the principles of sampling and organization of tables storing characteristics for characteristics calculated in the system, a total of more than 4000.

Keywords: principles of data sampling for calculations, operational data and work with them within the CliWare 2.1, historical data, user tasks, receiving of climatic products.

Ref. 6.

UDC 556.043:681.3.016

Preparation of reference editions of the water cadastre for automated processing of hydrological observation data. Yacovenko L.I., Gotovchenkova I.L., Shevchenko A.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 177–188.

The history of preparation and publication of reference editions of the water cadastre to serve users of hydrological information on rivers and canals is described. The current state of the automated preparation of tables of publications containing annual and long-term hydrological data is considered. The preparation of the reference edition of the water cadastre «Annual and long-term data on the regime and resources of surface waters of the land» by rivers and canals (EMDS) is considered in more detail.

Keywords: hydrological observations, hydrological products, rivers, canals, water cadastre, annual and long-term data, EMDS.

Fig. 2. Tab. 1. Ref. 13.

UDC 551.501.4:551.510.53

The content and structure of the database tables with aerological and synoptic observations arriving via communication channels in the BUFR code. Senova L.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 189 – 210.

To store operational aerological data of vertical sounding (other than satellite) that arrive via communication channels in BUFR codes, relational database tables are used. The content and structure of the tables are described. The tables contain the identification and meteorological parts of the observation, as well as data of high vertical resolution levels with reference to time and geographical coordinates for each level.

Keywords: GTS, communication channels, operational data, BUFR, database.

Fig. 3. Tab. 4. Ref. 9.

UDC 556.043:681.3.016

Development of new software for collection, processing and accumulation of hydrological observation data on rivers and canals for regime purposes. Shevchenko A.I., Gotovchenkova I.L., Stepanova E.M. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021. N 188. P. 211 – 219.

Currently, the Russian Federation, Belarus, a number of other CIS countries and Mongolia use a REKI-REZHIM system for collecting, storing and processing of hydrological information on rivers and canals.

The article discusses the disadvantages inherent in this software, and substantiates the need to develop and implement new modern software that will provide cross-platform, web-oriented, centralized data storage, and will also eliminate limitations of the REKI-REZHIM system.

Keywords: hydrological observations, rivers, canals, processing technique, hydrological data.

Fig. 2. Ref. 6.

UDC 556.043:681.3.016

Review of changes in methodology of hydrological observation data processing on watercourses (rivers and canals).

Gotovchenkova I.L.,
Shevchenko A.I., Yacovenko L.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2021.
N 188. P. 220 – 226.

Hydrological data users are mainly in need for the results of monthly and annual summaries of data from direct measurements and observations over a long-term observation period rather than these data per se.

Hydrological data processing procedure is complicated enough. Changes are periodically made to it for more detailed consideration of such factors as the size of the watercourse, as well as the geographic and climatic conditions of its formation. The obsolescence of the existing methodological documents and the need to take into account the user requirements are also taken into consideration.

The article describes the most important changes in the method of hydrological data processing, adopted in recent years.

Keywords: hydrological observations, rivers, canals, processing technique, Water cadastre.

Ref. 7.

Сборник научных трудов

Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Выпуск 188

Подписано к печати 20.12.2021 г. Формат 60×84/16.

Печать офсетная. Печ. л. 14,18. Тираж 300 экз. Заказ № 45.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск, ул. Королёва, 6.