

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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



*Под редакцией
доктора физико-математических наук А. М. Стерина*

ОБНИНСК
2018

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

Редакционная коллегия

Главный редактор к.т.н. В.С. Косых

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

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

Члены редколлегии: к.т.н. С.В. Белов, к.г.н. О.Н. Булыгина, 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

Сборник открывает статья памяти безвременно ушедшей в июне 2018 г. Ольги Николаевны Булыгиной, одного из ведущих российских метеорологов-климатологов, вся трудовая деятельность которой прошла в стенах ВНИИГМИ-МЦД.

В основной части сборника представлены статьи, излагающие результаты выполненных в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» исследований в области гидрометеорологии, климатологии. Внимание уделено технологическим проблемам работы с гидрометданными, проблемам создания специализированных массивов информации и анализа процессов в окружающей природной среде.

Описана новая технология и результаты мониторинга продолжительности солнечного сияния. Анализ процессов в разных компонентах климатической системы посвящены статьи о повторяемости циклонов с различной интенсивностью осадков в Северной Атлантике и Европе, о климатических изменениях уровня моря в Арктическом регионе за последние десятилетия, о различных оценках изменения характеристик приземного климата и климата свободной атмосферы. Исследованы возможные влияния внешних факторов на колебания характеристик полей давления и приземной температуры. Определенное внимание уделено базе данных по опасным и неблагоприятным гидрометеорологическим явлениям, анализу региональных характеристик опасных гидрологических явлений.

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

The Collection is opened by the article in memory of Dr. Olga Bulygina, who untimely passed away in June 2018. Olga Bulygina was one of the leading Russian scientists in the field of meteorology and climatology. All her work life was connected with RIHMI-WDC.

The main part of the Collection contains the articles introducing readers to the outcomes of research performed by RIHMI-WDC in the field of hydrometeorology, climatology. The focus is on technological aspects of hydrometeorological data processing, development of specialized data sets and analysis of environmental processes.

A new technology of sunshine duration monitoring is described and results of monitoring are presented. Processes in various components of the climate system are analyzed in the articles discussing frequency of cyclones with various intensity of precipitation occurring in the North Atlantic and Europe, changes in sea level in the Arctic region caused by climate in recent decades, assessments of changes in the surface and upper air climate. Probable impacts of external factors on characteristics of pressure and surface temperature have been investigated. A certain amount of attention is given to the data base of hazardous and unfavourable hydrometeorological events as well as to analysis of regional features of hydrological hazards.

The collection will be helpful for the Roshydromet personnel, a wide range of professionals in the fields covered and for various categories of interested readers.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Булыгина О.Н.</i> , <i>Дементьева Т.В.</i> Мониторинг режима ветра на территории Российской Федерации	8
<i>Хохлова А.В.</i> Оценка климатических характеристик скорости ветра в приземном слое атмосферы по радиозондовым измерениям	19
<i>Клещенко Л.К.</i> Мониторинг продолжительности солнечного сияния на территории России	29
<i>Шерстюков Б.Г.</i> Региональные проявления возмущений в полях давления и температуры воздуха в результате циклических внешних воздействий на климатическую систему	47
<i>Гниломедов Е.В.</i> Вероятностная оценка возникновения опасных гидрологических явлений в Нижегородской области	67
<i>Алдухов О.А.</i> , <i>Черных И.В.</i> Долгопериодные оценки скорости ветра и ее составляющих в нижней тропосфере над Арктикой РФ по результатам радиозондирования атмосферы.....	78
<i>Аржанова Н.М.</i> , <i>Булыгина О.Н.</i> , <i>Коришунова Н.Н.</i> Специализированный массив данных гололедно-изморозевых явлений для мониторинга климата и климатических исследований	101
<i>Воронцов А.А.</i> Изменения уровня моря в Арктическом регионе за последние десятилетия	111
<i>Вязилова Н.А.</i> , <i>Вязилов А.Е.</i> Климатические особенности повторяемости циклонов с различной интенсивностью осадков в Северной Атлантике и Европе	119
<i>Кузнецова В.Н.</i> , <i>Швец Н.В.</i> Анализ изменчивости режима влажности на территории России за последние десятилетия	129
<i>Шамин С.И.</i> Структура и содержание базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, нанесших материальный и социальный ущерб	144
<i>Давлетшин С.Г.</i> Поиск и удаление ошибок преобразования формата в выборках СУД Аисори	159
<i>Кашина И.И.</i> , <i>Кузнецов А.А.</i> Формирование единой базы организационно-распорядительных, нормативно-правовых и научно-методических документов для обеспечения деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и загрязнения природой среды	172

CONTENTS

<i>Bulygina O.N.</i> , <i>Dementieva T.V.</i> Wind conditions monitoring over the area of the Russian Federation.....	8
<i>Khokhlova A.B.</i> Evaluation of climatic characteristics of wind speed in the atmospheric surface layer by radiosonde measurements	19
<i>Kleshchenko L.K.</i> Monitoring of sunshine duration over the Russian territory	29
<i>Sherstyukov B.G.</i> Regional manifestation of disturbances of pressure and air temperature fields as a result of cyclic external influences on the climate system	47
<i>Gnilomedov E.V.</i> Probabilistic assessment of the rise of hydrological hazards in the Nizhny Novgorod region	67
<i>Aldukhov O.A.</i> , <i>Chernykh I.V.</i> Long-term estimations of wind speed and its components in the low troposphere over the Russian Arctic region from results of atmospheric radiosounding	78
<i>Arzhanova N.N.</i> , <i>Bulygina O.N.</i> , <i>Korshunova N.N.</i> Specialized data set of glaze and rime phenomena for climate monitoring and climate research	101
<i>Vorontsov A.A.</i> Changes in the sea level in the Arctic region for the last decades	111
<i>Vyazilova N.A.</i> , <i>Vyazilov A.E.</i> Climatic features of the frequency of cyclones with different precipitation intensity in the North Atlantic and Europe	119
<i>Kuznetsova V.N.</i> , <i>Shvets N.V.</i> Analyzing humidity conditions variability over the Russian territory for the past decades	129
<i>Shamin S.I.</i> Structure and content of the database of hazardous and unfavourable hydrometeorological events that did damage to the economy and population of the Russian Federation	144
<i>Davletshin S.G.</i> Search and deletion of the format conversion errors in selections of DMS Aisori	159
<i>Kashina I.I.</i> , <i>Kuznetsov A.A.</i> Formation of the unified database of organizational and administrative, regulatory and scientific and methodical documents to support the activities of the Union State in hydrometeorology and environmental pollution.....	172

Памяти Ольги Николаевны Булыгиной



16 июня 2018 года ушла из жизни Ольга Николаевна Булыгина – талантливый ученый, профессионал, влюбленный в свое дело, и просто замечательный, добрый и отзывчивый человек.

Булыгина О.Н. работала в отделе климатологии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с 1982 года после окончания Ленинградского гидрометеорологического института. С самого начала она принимала активное участие в создании системы оперативной оценки состояния текущего климата. Интерес к работе и способность к самостоятельной научной работе позволили ей быстро войти в ряд ведущих сотрудников отдела, занимая должности

младшего, старшего и ведущего научного сотрудника. В 1989 году О. Н. Булыгина закончила заочную аспирантуру Гидрометцентра СССР и успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Атмосферная засушливость на территории СССР и ее связь с изменением глобального климата». Булыгиной О. Н. была присуждена ученая степень кандидата географических наук и присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. С 1 апреля 2017 года являлась заведующей отделом климатологии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

О. Н. Булыгина была ведущим специалистом в России в области изучения изменчивости состояния снежного покрова на территории страны, одного из важнейших климатических элементов среднеширотной зоны Северного полушария. Ею разработана методика мониторинга характеристик снежного покрова, которая утверждена Центральной методической комиссией Росгидромета и используется для подготовки раздела о снежном покрове в Ежегодном докладе об особенностях климата на территории РФ. О. Н. Булыгина активно участвовала в ряде международных проектов по изучению снежного покрова, в частности SWIPA по изучению Арктического региона, в рамках которого подготовлено и опубликовано несколько статей, посвященных изучению снежного покрова северных районов Евразии.

Другое направление деятельности О. Н. Булыгиной – изучение ветровых условий и их изменчивости на территории России в последние годы. Проводимые О. Н. Булыгиной исследования являлись частью запланированной работы по систематическому изучению изменения климата на территории России в последнее время в условиях глобального потепления.

Большое внимание О. Н. Булыгина уделяла подготовке специализированных массивов данных для климатических исследований. Подготовленные на основе данных Госфонда высококачественные массивы данных регистрируются в Федеральной службе по интеллектуальной собственности и публикуются на сайте ВНИИГМИ-МЦД для свободного использования в России и за рубежом. Многочисленные обращения к данным и положительные отзывы говорят о том, что в работу по изучению изменений

климата, которая велась под руководством О.Н. Булыгиной, вовлекается все более широкий круг исследователей.

Возрастающая потребность в достоверной климатической информации в условиях меняющегося климата привела к необходимости создания климатических справочников нового типа. О.Н. Булыгина являлась руководителем и ответственным исполнителем работ по созданию электронного научно-прикладного справочника «Климат России». Современное программное обеспечение и высококачественная информационная база позволяют не только регулярно обновлять содержимое справочника, но и, в отличие от предыдущих изданий, позволяет пользователю работать непосредственно с таблицами справочника, решая возникающие в процессе его использования задачи. В настоящее время справочник «Климат России» разослан по управлениям Гидрометслужбы, где широко используется при выполнении заявок на климатическую информацию.

Высококвалифицированный специалист О.Н. Булыгина была научным руководителем двух аспирантов, к ней за консультацией часто обращались как коллеги по работе, так и из других организаций; она оказывала методическую помощь климатологам УГМС, читала лекции по прикладной климатологии для специалистов УГМС на курсах повышения квалификации Росгидромета.

У Булыгиной О.Н. около 100 печатных научных трудов в российских и иностранных изданиях, входила в число авторов «Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации».

О.Н. Булыгина принимала активное участие в международной деятельности. В течение многих лет являлась экспертом ВМО по вопросам спасения данных и управления данными, входила в состав группы по национальным продуктам климатического мониторинга Комиссии по климатологии ВМО.

Сотрудники ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

УДК 551.501.75 (470+571)

МОНИТОРИНГ РЕЖИМА ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О. Н. Булыгина, Т. В. Дементьева

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
tedemand@gmail.com*

Введение

Целью мониторинга климата является получение представлений о состоянии и изменении климатических параметров с течением времени. В процессе мониторинга климата важно оценить степень аномальности текущего состояния и наблюдаемые тенденции.

Задача мониторинга климата, как известно, является составной частью Всемирной климатической программы [5], выполняемой под эгидой ВМО и поддерживаемой другими межправительственными организациями. Для выполнения этой задачи в России ежегодно ряд НИУ Росгидромета совместными усилиями подготавливают «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации» [1]. В нем содержится информация о климатических условиях на территории РФ и о сложившихся на текущий момент тенденциях по основным гидрометеорологическим параметрам, таким как температура, атмосферные осадки, снежный покров и т. п. Материалы готовятся согласно утвержденным методикам обработки и анализа климатических данных на основе информации, получаемой от государственной наблюдательной сети Росгидромета. Одна из глав доклада посвящена режиму ветра у поверхности земли и в свободной атмосфере. Здесь представлена методика мониторинга режима ветра у поверхности земли на территории РФ, а также приведены результаты анализа данных для 2017 года.

Информационная база

Скорость и направление ветра на метеостанциях определяется с помощью анеморумбометра, датчик которого установлен

на высоте 10–12 м от поверхности земли [2]. В срок наблюдения определяется:

- средняя скорость ветра (в м/с, осреднение за 2- или 10-минутный интервал времени, предшествующий сроку наблюдения);
- максимальная скорость ветра в срок наблюдения (в м/с, максимальный порыв за 10-минутный интервал времени, предшествующий сроку наблюдения);
- максимальная скорость ветра между сроками наблюдений (в м/с, максимальный порыв за 3-часовой интервал времени, предшествующий сроку наблюдения);
- среднее направление ветра (в градусах).

База данных мониторинга режима ветра, как и в случае с другими параметрами, подразделяется на исторические, текущие данные и расчетные климатические характеристики [3]. Исторические ряды выбраны из массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на территории России (далее – режимные данные). Текущими данными здесь названы оперативные данные, поступающие в виде телеграмм «SYNOP». В текущих данных отсутствует информация о порыве в срок наблюдения и между сроками наблюдения.

В перечень предварительно рассчитанных климатических характеристик входит:

- среднегодовое значение скорости ветра за период 1981–2010 гг., рассчитанные для каждого месяца;
- среднегодовое значение числа дней со скоростью ветра более или равной 15 м/с за период 1981–2010 гг.;
- значения границы 95 %-ного интервала в распределении максимальной скорости ветра за период 1979–2009 гг.

Так же предварительно из режимных данных подготавливается массив с осредненными по территории квазиоднородных климатических регионов средней скорости ветра и количества дней со скоростью ветра ≥ 5 м/с. Осреднение выполняется таким образом, что средние для станций переменные арифметически усредняются по квадратам сетки ($1^\circ\text{N} \times 2^\circ\text{E}$), затем проводится осреднение по регионам с весами, учитывающими плотность сети

и широту квадрата. Регионы, по которым проводится осреднение, выбраны на основании классификации Алисова [4].

Мониторинг режима ветра проводится по данным 1377 пунктов наблюдений. Данные по всем пунктам подвергаются строгому контролю. Значения основных переменных маркируются признаком качества, в котором закодирована информация о качестве каждого наблюдения.

Технология мониторинга режима ветра

Технология мониторинга режима ветра включает следующие основные этапы:

1. Усвоение срочных данных об основных метеорологических параметрах и пополнение массива данными текущего года (направление и средняя скорость ветра в срок наблюдения).

2. Расчет производных характеристик (максимальная скорость ветра за год, число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с).

3. Расчет аномалий (аномалии скорости ветра за год и по сезонам, аномалии числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с).

4. Расчет числа дней, превышающих 95-й процентиль для каждого сезона.

5. Расчет оценок трендов по регионам (начиная с 1976 года), характеризующих знак и среднюю скорость изменений средней скорости ветра и числа дней со скоростями ≥ 15 м/с.

6. Расчет повторяемости направлений ветра для каждой станции по 8 румбам и повторяемости штилей за год и по сезонам.

6. Подготовка иллюстративных материалов годового бюллетеня.

7. Анализ материалов и подготовка раздела «Режим ветра на территории РФ».

На этапе усвоения текущих данных наблюдений производится фильтрация. Если скорость ветра имеет значение выше предельного (50 м/с), является сомнительным или ошибочным, то наблюдению присваивается пустое значение. Из массива исключаются периоды на станциях, где количество дней с оставшимися в результате фильтрации наблюдениями меньше 25.

Для расчета аномалий средней скорости ветра необходимо вычислить средние за год и по сезонам. Аномалии числа дней определяются как разность суммы числа дней с сильной скоростью ветра (≥ 15 м/с) и средним многолетним значением количества дней в год с сильной скоростью ветра.

Расчет числа дней со скоростью ветра, превышающей 95-й процентиль, заключается в поиске всех дней, когда максимальная скорость ветра равна или превышает установленную границу, указанную в предварительно рассчитанных данных. Далее считается количество таких дней для каждого сезона.

Для получения обновленных оценок трендов необходимо по текущим данным рассчитать регионально-осредненные скорость ветра и число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с для каждого сезона. Пространственное осреднение текущих станционных характеристик ветра происходит по тому же принципу, что и режимных. После их объединения рассчитываются коэффициенты линейного тренда. В итоговую таблицу включаются лишь статистически значимые (5 %-ный уровень значимости) результаты оценок линейного тренда.

Преобладающее направление ветра рассчитывается для каждой станции отдельно. Выбираются только те станции, где сохраняется регулярность наблюдений в течение всего периода (сезона и года) после исключения ошибочных и сомнительных значений. Из-за столь жесткого контроля отсутствует информация о распределении направлений приземного ветра для значительной части территории РФ севернее 60-й параллели. Весь массив данных направлений ветра разделяется на 9 групп, включая 8 основных румбов и штиль. Считается количество случаев и процент повторяемости штилей и направлений ветра по каждому румбу. Выбор станций, для которых строятся розы ветров, осуществляется таким образом, чтобы выбранная станция отображала преобладающее направление ветра в окрестностях станции.

Результаты мониторинга ветра представляются в виде карт, таблицы, графиков и подготовленного на их основе текста с анализом текущих аномалий и наблюдаемых изменений в режиме ветра. Построение карт происходит с помощью пакета программ

«MapInfo» [6] в регулярной азимутальной стереографической проекции с использованием IDW-метода интерполяции.

Результаты

В качестве примера рассмотрим результаты мониторинга ветра за 2017 год и по сезонам 2017 года, включая декабрь 2016 года.

На рис. 1а представлено распределение максимальной за 2017 год скорости ветра. Скорость ветра ≥ 25 м/с наблюдалась повсеместно. Высокие скорости ветра отмечались преимущественно вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. В этой области также сосредоточены пункты, где велико количество дней с сильным ветром ($v \geq 15$ м/с) (рис. 1б). Максимальное количество таких дней (163) на территории РФ отмечалось на крайней южной точке полуострова Камчатка (метеостанция Мыс Лопатка). На метеостанции Малые Кармакулы (Ненецкий АО) наблюдалось 99 дней с сильным ветром. Помимо прибрежных районов высокое значение количества дней с ветром 15 м/с и более отмечалось на Алтае (Кара-Тюрек, – 65 дней), но максимальная скорость ветра в срок наблюдения там не превышала 21 м/с.

Аномалии числа дней с сильной скоростью ветра представлены на рис. 1г. Максимальная отрицательная аномалия отмечалась на метеостанции Дальне-Зеленецкая Мурманской области – 11,93 дней. Близкие значения отмечены также на Сахалине (мыс Крильон) и на Курильских островах (Малокурильское). Положительные аномалии этой характеристики не превышают 0,3 дней, наблюдались они лишь на территории Хабаровского края.

Аномалии скорости ветра, представленные на рис. 1б, на большей части РФ отрицательны. Максимальные отрицательные аномалии более 2 м/с отмечались на метеостанциях Невельск (Сахалин) и Курган. Положительные аномалии средней скорости ветра в срок не превышают 1,4 м/с, наибольшие значения положительных аномалий получены для Ростова-на-Дону и Южно-Сухокумска (Дагестан).

Сезонные отклонения скорости ветра от нормы (рис. 2) редко превышают 2 м/с. Положительные аномалии выше этого значения зимой встречаются на метеостанциях Певек (Чукотский АО) и

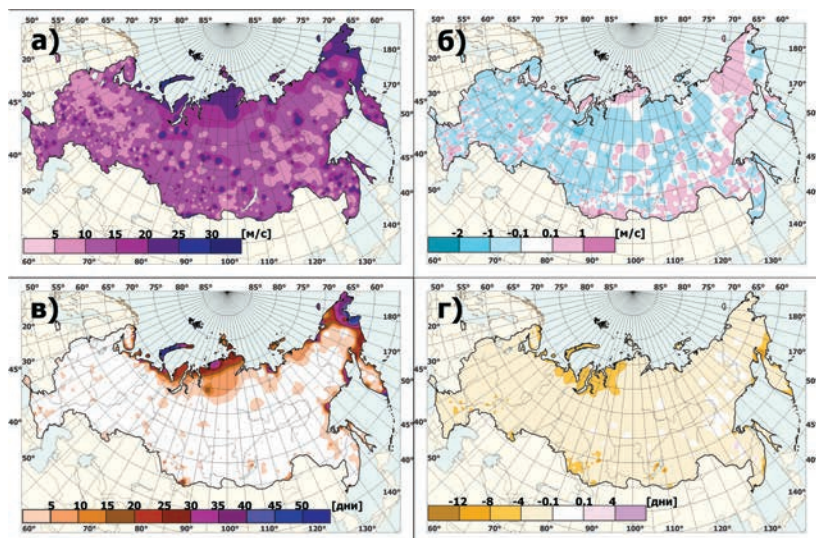


Рис. 1.

- а) Максимальная скорость ветра за 2017 год (без учета порывов);
 б) Аномалии среднегодовой скорости ветра;
 в) Число дней со скоростью ≥ 15 м/с в 2017 году;
 г) Аномалии числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с в 2017 году

Кара-Тюрек (Алтай), летом – на метеостанции Гридино (Карелия). Наибольшие отрицательные аномалии отмечались зимой и осенью на метеостанции Невельск (Сахалинская область), а также на метеостанциях Курган (осенью) и Орел (зимой). Весной аномалии более 2 м/с отмечались на метеостанциях Пролив Санникова (Новосибирские о-ва) и Невельск (Сахалин).

На том же рисунке красными точками отмечены пункты и количество дней с экстремальной скоростью ветра (скорость ветра, равная или превышающая значение скорости ветра, соответствующее 95-му процентилу). Здесь стоит отметить, что в переходные зоны количество таких дней (по 110 дней осенью и зимой) меньше, чем летом и зимой на 25 и 43 % соответственно.

При оценке региональных изменений получено, что во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается (таблица). Число дней с ветром более 15 м/с зимой

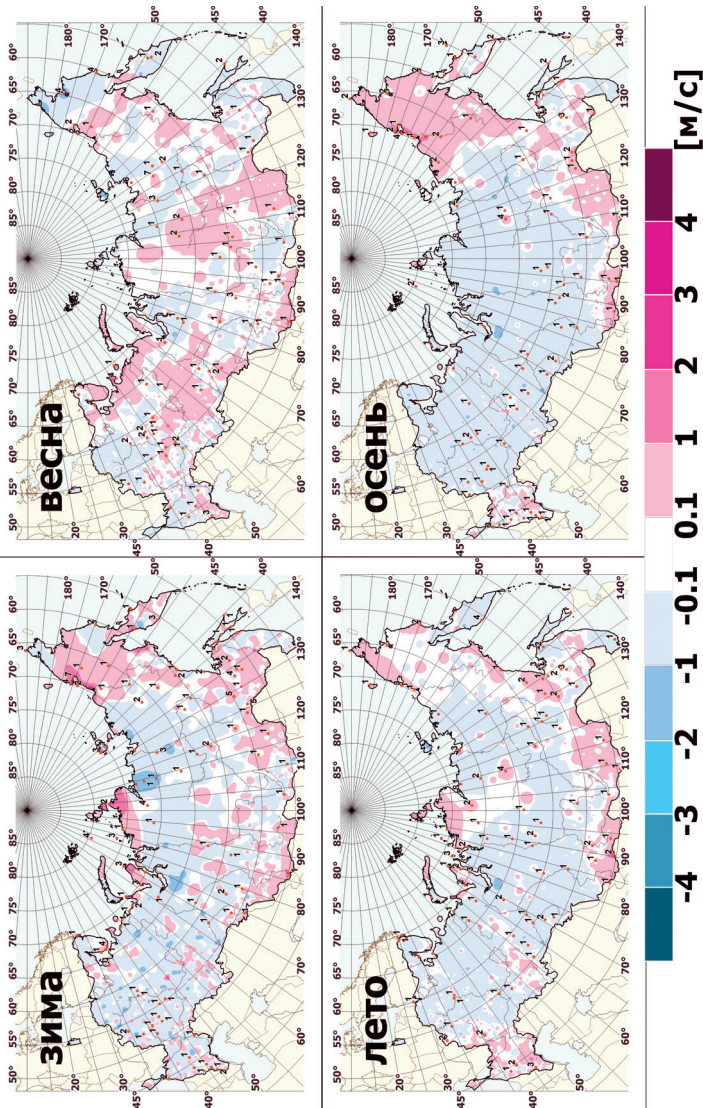


Рис. 2. Аномалии средней скорости ветра.
Точками красного цвета обозначены станции, на которых скорость ветра превышала 95-й процентиль.
Цифрой обозначено число дней с экстремальной скоростью ветра

и осенью также уменьшается в большинстве регионов, летом – в европейской части России, на Чукотке и севере Камчатки. По двум представленным характеристикам положительные значимые (на 5 %-ном уровне значимости) оценки линейного тренда получены не были.

Т а б л и ц а

Оценки линейного тренда
(статистически значимые на 5 %-ном уровне значимости)
регионально осредненных характеристик ветра для регионов России
за 1976–2017 гг.: bV , (м/с)/10 лет – средней сезонной скорости ветра;
 bNd , дни/10 лет – числа дней со скоростью ветра больше 15 м/с

Регион	bV				bNd			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Россия	-0,17	-0,12	-0,12	-0,17	-0,34	-0,24		-0,24
Север ЕЧР и Западной Сибири	-0,25	-0,2	-0,2	-0,22	-0,71	-0,38	-0,21	-0,48
Сев. Восточной Сибири и Якутии								
Чукотка и север Камчатки	-0,25			-0,19	-1,52	-0,82	-0,12	-1,04
Центр ЕЧР	-0,25	-0,16	-0,16	-0,25	-0,25			-0,13
Центр и юг Западной Сибири	-0,23	-0,14	-0,14	-0,2	-0,24			-0,15
Центр и юг Восточной Сибири						-0,11		
Дальний Восток					-0,42	-0,36		-0,44
Алтай и Саяны					-0,27	-0,33		-0,27
Юг ЕЧР	-0,18			-0,13	-0,7	-0,36		-0,29

Повторяемость направлений ветра в процентах по каждому румбу показана в виде розы ветров далее на рисунках (рис. 3), на которых также приводится повторяемость штилей для каждого сезона. Представленные пункты примерно отображают ситуацию в окрестностях станции. Распределение преобладающих направлений ветра настолько разнообразно, что довольно сложно определить характерные для территории особенности, но некоторые моменты выделить все же можно. Южные континентальные

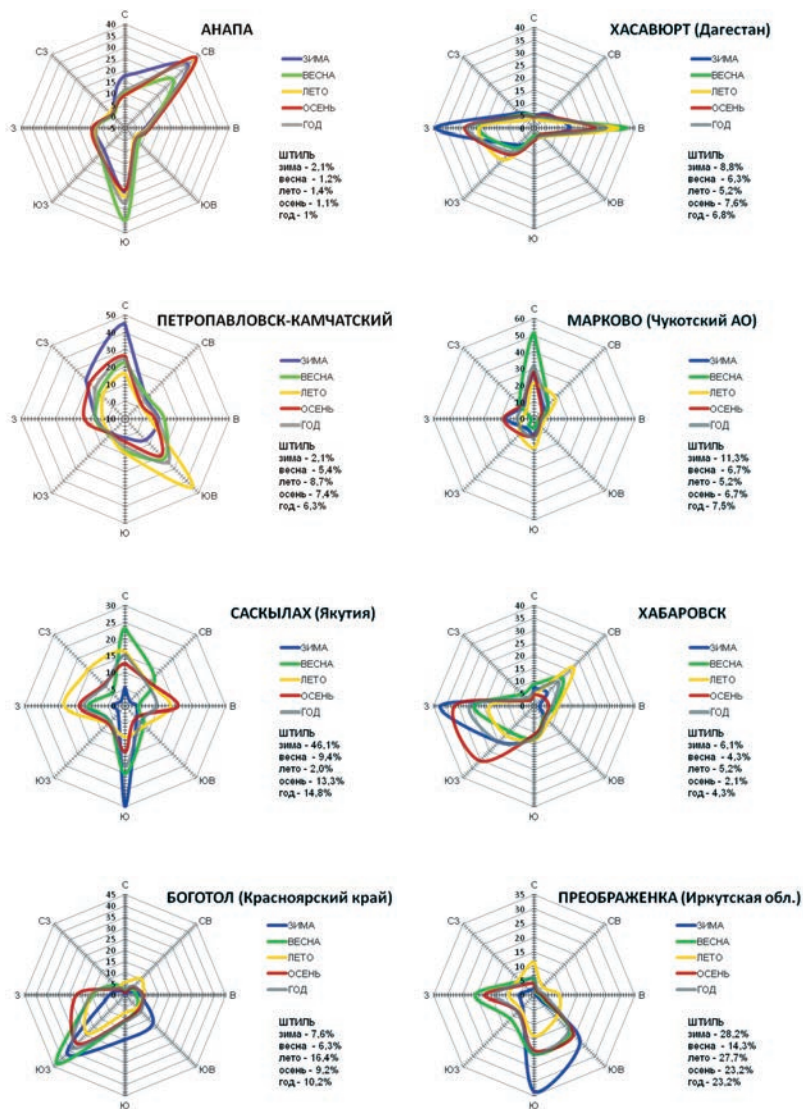


Рис. За. Повторяемость направлений ветра и штилей для сезонов и за год (%) для отдельных метеостанций РФ

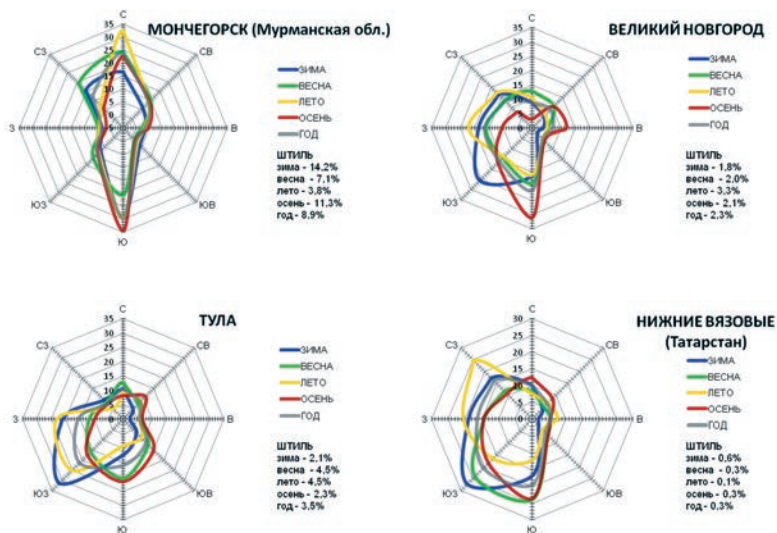


Рис. 36. Повторяемость направлений ветра и штилей для сезонов и за год (%) для отдельных метеостанций РФ

регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока отличаются высокой долей штилей во многих пунктах наблюдений. Зимой количество случаев со штилем также велико и для северной части Восточной Сибири и Дальнего Востока. На территории Русской равнины зимой и летом западная составляющая ветра более выражена, а во время переходных сезонов преобладающим для большего количества пунктов наблюдений является южное направление ветра. Вдоль Уральских гор во все сезоны отмечается высокая повторяемость западных ветров, а на территории Западной Сибири основными являются западные и южные составляющие направлений ветра.

Заключение

Описанная технология, созданная во ВНИИГМИ-МЦД, используется как методика для регулярного мониторинга режима ветра на территории РФ. В «Докладе об особенностях климата на территории РФ» согласно данной методике публикуются

основные особенности, характерные для описываемого года. Изменение технологии возможно с появлением новых задач в области мониторинга климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгина О.Н., Дементьева Т.В. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2017 году. Глава 11. Режим ветра. – М.: Росгидромет, 2018. С. 55–57.
2. Булыгина О.Н., Коришупова Н.Н., Разуваев В.Н. Изменение режима ветра на территории России в последние десятилетия // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. – М.: ГГО им. А.И. Воейкова, 2013. С. 156–172.
3. Булыгина О.Н., Коришупова Н.Н., Разуваев В.Н. Мониторинг снежного покрова на территории Российской Федерации // Труды Гидрометцентра России. Вып. 366. – М.: ФГБУ Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, 2017. С. 88–97.
4. Алисов Б.П. Климат СССР. – М.: Московский университет, 1956. 127 с.
5. Всемирная климатическая программа 1988–1997 гг. Второй долгосрочный план ВМО // ВМО. 1987. № 692.
6. Пакет программ «MapInfo» // <http://www.mapinfo.ru/product/mapinfo-mapbasic>.

УДК 551.553.6

**ОЦЕНКА
КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СКОРОСТИ ВЕТРА
В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ
ПО РАДИОЗОНДОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ**

А. В. Хохлова

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

Введение

Для различных проектных решений, в том числе для задач ветроэнергетики, необходимо знание климатических характеристик скорости ветра в нижнем приземном слое атмосферы до высот 100–120 м, при этом, как правило, характеристики ветра нужны на определенных высотах (25, 50, ... м от уровня земли). Известно, что скорость ветра в приземном слое существенно изменяется с высотой [2, 3, 4, 6]. Приземные метеорологические измерения скорости ветра выполняются на высоте флюгера (обычно это высота 10 м). Радиозондовые измерения не дают значений скорости ветра на требуемых высотах. Для определения средней скорости ветра в приземном слое до нескольких десятков метров применяются различные эмпирические зависимости скорости ветра от высоты – логарифмический закон или степенной закон. Эти модели позволяют оценить скорость ветра V на высоте Z , если известна скорость ветра V_f на высоте Z_f , при этом параметры моделей берутся по имеющимся оценкам [2, 6]. В [4] рассмотрены климатические закономерности изменения скорости ветра с высотой. Приведены результаты анализа характеристик ветра в приземном слое атмосферы, полученные в результате систематизации и обобщения аэрологических данных и регулярных наблюдений за скоростью ветра на различных высотах нижнего слоя атмосферы с использованием высотных мачт. Как правило,

распределение по направлениям скорости ветра (роза ветров) в приземном слое не определяется.

Целью настоящей работы является оценка климатических характеристик скорости ветра, включая распределение по направлениям, на заданных уровнях высоты в приземном слое.

Метод и данные

Расчет скорости ветра на заданных высотах нижнего слоя делается путем интерполяции/экстраполяции радиозондовых измерений в предположении о выполнении степенной или логарифмической зависимости для срочных измерений, при этом параметры зависимостей определяются по имеющимся измерениям скорости ветра на нижних уровнях. Алгоритм расчета скорости ветра на заданной высоте следующий: для каждого срока наблюдений выбираются два уровня вблизи поверхности земли с известными данными по скорости ветра. В предположении, что изменение скорости ветра происходит по степенному или по логарифмическому закону, по данным о скорости ветра на этих двух уровнях рассчитываются параметры выбранной модели (показатель степени или параметр шероховатости). Далее на основе выбранной модели, рассчитанного параметра модели и измеренной скорости ветра производится определение скорости ветра на заданной высоте. Знание направления скорости ветра на двух нижних уровнях позволяет также тем или иным образом определить направление ветра на заданной высоте. Расчет климатических характеристик (средних скоростей и распределения по направлениям) выполняется обычным образом, с учетом необходимых градаций по направлению и скорости ветра. Помимо характеристик скорости ветра определяются также средние значения параметров моделей как за весь исследуемый период, так и по месяцам года.

Алгоритм опробован на многолетних данных нескольких аэрологических станций Российской Федерации, имеющихся в базовых архивах аэрологической информации, создаваемых в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [5]. В архивах содержатся данные аэрологического зондирования по российским станциям с 1978 г.

и по зарубежным с 1984 года. В процессе формирования архивных файлов данные наблюдений проходят процедуру комплексного контроля [1], после чего каждому значению метеоэлементов присваивается признак качества.

Ниже приведено более подробное описание алгоритма и результаты расчета климатических характеристик скорости ветра на двух уровнях высоты (25 и 75 м) в приземном слое для четырех российских аэрологических станций (Мурманск, Тикси, Санкт-Петербург и Каргополь). Расчеты проведены по данным за период с 1978 по 2011 год. Аналогичные характеристики скорости ветра в приземном слое могут быть выполнены для каждой станции, имеющейся в архиве, для других высот и градаций направлений.

Расчет скорости ветра на заданную высоту Z_0 м производится двумя способами: с использованием степенного закона и логарифмического закона [3, 6]:

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

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

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

Параметры зависимостей – показатель степени a для степенной зависимости и параметр шероховатости k_0 для логарифмической зависимости – рассчитываются для каждого зондирования через известные данные о скорости ветра на двух нижних уровнях. Затем значение скорости ветра на заданной высоте определяется по степенной или логарифмической зависимости с помощью этих параметров. Основная задача при подготовке к расчету скорости ветра на заданной высоте, с учетом большого объема обрабатываемых данных, – это автоматизированный выбор подходящих для

интерполяции измерений. Для этого по всему периоду наблюдений для каждого срока сделаны промежуточные выборки данных по нескольким нижним уровням. Интерполяция (экстраполяция) на заданную высоту производится в случае одновременного наличия данных по скорости ветра на двух уровнях, выбранных из этих пяти, и выполнения ряда условий. В основном этими уровнями оказываются приземный и уровень особой точки по ветру, но имеются и другие ситуации. Для выполнения расчетов необходимо знать значения высот каждого из уровней. Поскольку речь идет о самом нижнем слое атмосферы, то полагаем, что изменение геометрической высоты Z соответствует изменению геопотенциальной высоты H . На уровнях особых точек по ветру данные по геопотенциальной высоте зачастую отсутствуют, но есть данные о давлении, поэтому для этих случаев предварительно выполняется расчет высоты с использованием барометрической формулы [6]

$$dZ = dH = - dP/g \rho.$$

Здесь dP – перепад давления; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность воздуха.

Расчет плотности воздуха делается с учетом влажности по формуле [6]

$$\rho = \frac{P}{R \cdot (1 + 0,378 \frac{E}{P}) \cdot T}.$$

Здесь ρ – плотность влажного воздуха; P – давление; T – температура воздуха в градусах Кельвина; R – универсальная газовая постоянная; E – парциальное давление водяного пара.

Следует отметить, что в барометрической формуле при расчете шага по высоте dH использовалось значение плотности воздуха на нижнем уровне, то есть зависимость плотности воздуха от высоты в слое между двумя уровнями не учитывалась. Кроме того, скорость ветра у поверхности земли измеряется на высоте флюгера. При расчетах не вводится никаких поправок на то, что давление на этом уровне меньше, чем на уровне измерения приземного давления. Высота флюгера учитывается только при проведении интерполяции скорости ветра. При необходимости

эти поправки могут быть сделаны, но на окончательный результат это будет влиять очень незначительно.

После определения необходимых для расчетов величин выбираются два уровня, по которым далее производится интерполяция или экстраполяция. Этот выбор делается с учетом качества данных на этих уровнях и ряда других условий. При отсутствии подходящих данных расчет скорости ветра для заданной высоты не выполняется.

Расчет направления ветра на заданной высоте производится следующим образом. При наличии данных на обоих уровнях направление скорости ветра интерполируется линейно по высоте, при этом предполагается, что переход направления происходит через угол, меньший 180 градусов. В тех случаях, когда на нижнем уровне наблюдается штиль, направление скорости ветра на заданной высоте Z_0 рассчитывается с использованием модели Экмана. Согласно [6], отклонение скорости ветра от геострофического в пограничном слое атмосферы имеет следующую зависимость от высоты:

$$\begin{aligned} u &= u_g e^{-\lambda Z} (1 - \cos(\lambda Z)), \\ v &= u_g e^{-\lambda Z} \sin(\lambda Z). \end{aligned}$$

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

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

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

Параметр λ рассчитывается через высоту пограничного слоя Z_p , определяемую как

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

Это высота, на которой поперечная компонента скорости ветра v равна 0, то есть ветер становится геострофическим.

Высота Z_p считается мощностью слоя Экмана и приближенной высотой пограничного слоя. В настоящих расчетах она принята равной 1500 м.

При штиле на нижнем уровне и наличии данных на верхнем выбранном для интерполяции уровне с использованием формул для отклонений скорости u и v рассчитываются углы отклонения скорости ветра от геострофического на верхнем уровне DF_ϵ и на уровне интерполяции DF_0 . Направления скорости ветра на этих уровнях можно выразить как

$$F_\epsilon = F_g + DF_\epsilon,$$

где F_g – направление геострофического ветра; DF_ϵ – отклонение направлений скорости ветра от геострофического на известном верхнем уровне. Отсюда получаем значение направления скорости ветра на уровне интерполяции:

$$F_0 = F_\epsilon - (DF_\epsilon - DF_0).$$

Повторяемость скорости ветра по направлениям и значениям

После выполнения расчетов и получения временного ряда скорости ветра на заданном уровне для каждого срока, для которого возможно сделать интерполяцию, производится расчет повторяемости скорости ветра на этом уровне по заданным румбам и в заданных в градациях скорости ветра. Для проверки работоспособности метода был выполнен ряд расчетов климатических характеристик скорости ветра на уровнях 25, 75 и 100 м по данным четырех российских аэрологических станций (Санкт-Петербург, Каргополь, Тикси и Мурманск) за период 1978–2011 гг. Ниже приведены некоторые результаты расчета характеристик скорости ветра на этих высотах, а также параметры шероховатости и показатели степени используемых моделей зависимости скорости ветра от высоты. Шаг по направлениям скорости ветра равен 45 градусов, градации по скорости ветра: 0–4, 4–8, 8–12, 12–16, 16 и больше м/с.

На рис. 1 даны многолетние распределения скорости ветра по направлениям и значениям (розы ветров) для четырех центральных месяцев сезонов на высотах 25 и 75 м по станции Каргополь. Как видно, в зимне-весенний период преобладает ветер южного направления. В июле наблюдается как южный, так и северный ветер, осенью опять преобладает южное направление. На высоте 75 м, по сравнению с высотой 25 м, увеличивается количество случаев наблюдения ветра с большей скоростью.

На рис. 2 приведены аналогичные распределения для станции Тикси. Преобладающим направлением во все сезоны, кроме летнего, является южное и юго-западное. В июле чаще всего наблюдается северо-восточный ветер. Следует отметить также наличие небольшого количества случаев со значительными скоростями (более 16 м/с) на высоте 75 м.

В таблице даны средние значения параметров зависимостей скорости ветра от высоты для четырех станций. Они получены путем осреднения параметра шероховатости k_0 и показателя степени a , рассчитанных для каждого зондирования, за весь исследуемый период. Как видно, эти величины существенно различны для станций, находящихся в разных условиях. Следует отметить, что эти параметры зависят также и от времени года, однако характер этой зависимости различен для разных станций. Климатические оценки этих параметров предполагается расширить для других регионов и проанализировать более детально.

Т а б л и ц а

Многолетние средние значения параметров зависимостей скорости ветра от высоты

Станция	Степенная зависимость, показатель степени a	Логарифмическая зависимость, параметр шероховатости k_0
Каргополь	0,28	1,60
Мурманск	0,14	0,58
Тикси	0,08	0,30
Санкт-Петербург	0,29	1,60

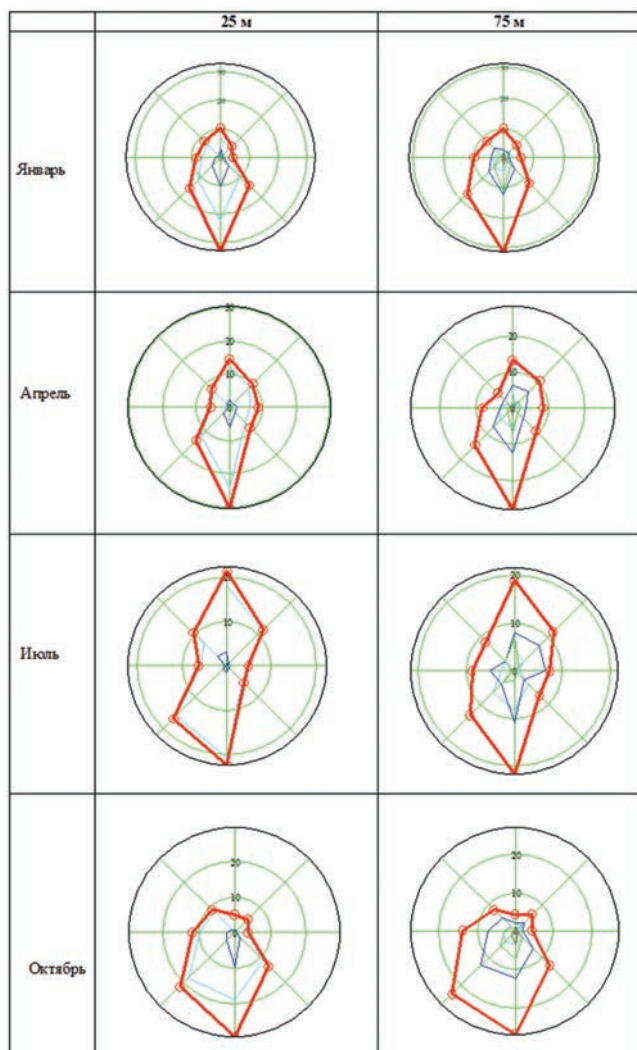


Рис. 1. Распределение скорости ветра по направлениям и значениям в % от общего количества случаев на высотах 25 и 75 м для четырех центральных месяцев сезона, станция Каргополь. Расчет сделан по степенному закону.

Голубой цвет – скорость ветра в диапазоне 0–4 м/с, синий – 4–8 м/с, зеленый – 8–12 м/с, коричневый – 12–16 м/с, розовый – больше 16 м/с, красный – все случаи кроме штилей.

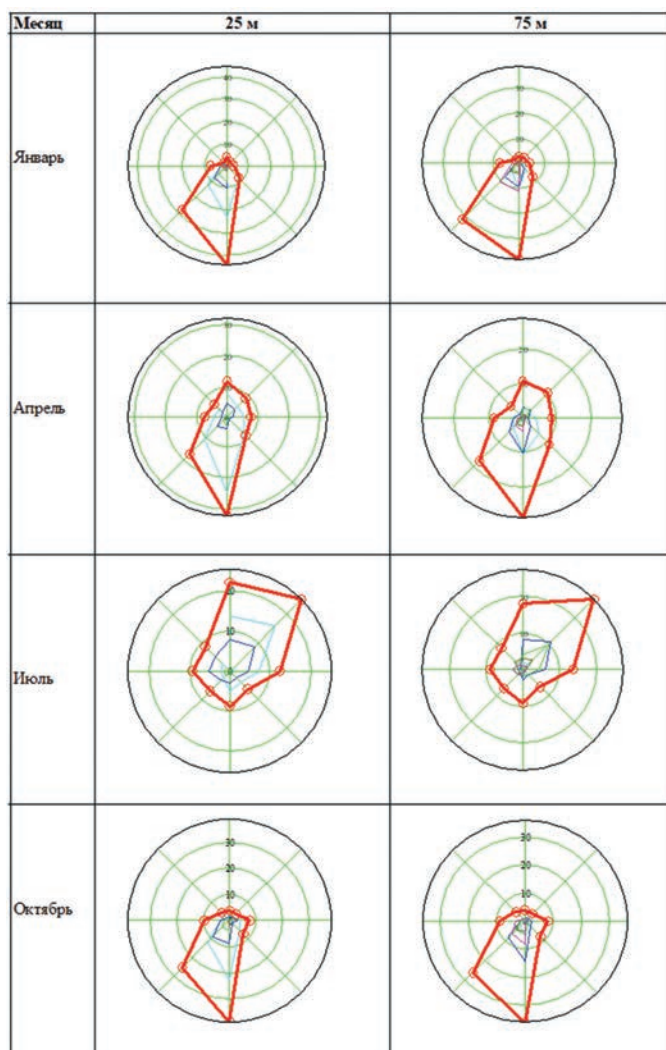


Рис. 2. Распределение скорости ветра по направлениям и значениям в % от общего количества случаев на высотах 25 и 75 м для четырех многолетних месяцев, станция Тукси.

Расчет сделан по степенному закону.

Голубой цвет – скорость ветра в диапазоне 0–4 м/с, синий – 4–8 м/с, зеленый – 8–12 м/с, коричневый – 12–16 м/с, розовый – больше 16 м/с, красный – все случаи кроме штилей.

Заключение

Рассмотренный в статье способ расчета скорости ветра на заданной высоте в нижнем слое атмосферы позволяет определять климатические характеристики, необходимые для различных проектов, в том числе для ветроэнергетики. Расчет основан на радиозондовых наблюдениях, но может быть использован при наличии измерений на произвольных высотах в нижнем слое с других платформ. Наряду с многолетними распределениями скорости ветра по направлениям и значениям для заданных высот получены также средние значения и годовой ход параметров используемых законов возрастания ветра с высотой (показателя степени в степенном законе и параметр шероховатости в логарифмическом законе). Отмечены существенные различия значений параметров по данным разных станций, находящихся в разных географических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Том. 1. Контроль качества и обработка данных. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.
2. Богаткин О.А. Авиационная метеорология. – СПб.: Изд-во РГТМУ, 2005. 328 с.
3. Гладкий В.Ф. Динамика конструкции летательного аппарата. – М.: Наука, 1969. 496 с.
4. Рыхлов А.Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 20. – СПб.: РГТМУ, 2011. С. 89–99.
5. Руденкова Т.В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – Обнинск. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
6. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. – М.: Изд-во Московского университета, 1986. 328 с.

УДК [551.501.721:551.521.11] (470+571)

МОНИТОРИНГ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Л. К. Клещенко

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»
lkk.obninsk@yandex.ru*

Введение

Мониторинг климата предполагает постоянное слежение за всеми компонентами климатической системы. В связи с этим климатические бюллетени, выпускаемые в различных странах, включают разнообразные пространственно-временные обобщения данных, характеризующие состояние различных слоев атмосферы, океана и др. При этом наибольшее внимание уделяется мониторингу приземного климата, характеристики которого (в частности температура воздуха у земной поверхности и атмосферные осадки) оказывают наибольшее влияние на человеческую деятельность.

Как известно, солнечная радиация, поступающая на землю, является одним из главных факторов формирования климата нашей планеты, а продолжительность солнечного сияния (ПСС) – важной характеристикой климата. Однако информация об этом метеорологическом параметре в настоящее время ни в какие климатические бюллетени в нашей стране не помещается. В то же время имеются зарубежные примеры регулярной обработки и публикации данных о ПСС по аналогии с температурой воздуха и атмосферными осадками [1, 2].

Создание в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» на технических носителях архива суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния [3] делает возможным проведение климатических исследований, а доступность телеграмм «КЛИМАТ», содержащих информацию о ПСС за прошедший месяц, позволяет приступить к мониторингу этого параметра на территории Российской

Федерации (РФ). Из 550 станций, ряды которых ежегодно пополняются режимной информацией о ПСС, в телеграммах «КЛИМАТ» в оперативном режиме ежемесячно поступают данные порядка 315 станций.

При выборе характеристик для включения в бюллетень в качестве образцов использовались бюллетень ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН», который содержит результаты мониторинга температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории РФ [4], а также Климатический бюллетень ВМО для региона VI (Европа и Средний Восток) [1]. Первые результаты мониторинга ПСС на территории РФ были получены по наблюдениям за 2015 год для сайта ВНИИГМИ-МЦД. Они включали карты суммарной за месяц/сезон/год продолжительности солнечного сияния и ее аномалий относительно нормы (среднего многолетнего значения за период 1981–2010 гг.), выраженных в процентах. Для выявления основных тенденций в многолетних изменениях ПСС на территории РФ по данным станций были рассчитаны параметры линейного тренда за период 1961–2015 гг., которые в виде карт опубликованы в [5].

В настоящее время в бюллетень дополнительно включены региональные оценки аномалий и многолетних изменений ПСС. Пространственное осреднение осуществляется с использованием основных принципов методики ИГКЭ, позволяющей уменьшить смещение средних вследствие наличия пропусков в рядах наблюдений [4]. Первоначально территория региона покрывается регулярной сеткой 5° широты $\times$ 5° долготы, и в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из попавших в эту ячейку станционных аномалий VS. Затем выполняется осреднение средних для ячеек аномалий с весами, пропорциональными их площади территории региона. Аналогично для каждого региона по данным о станционных нормах рассчитываются регионально осредненные нормы. Средние региональные значения ПСС получаются суммированием регионально осредненных норм и регионально осредненных аномалий, а относительные аномалии RS – делением текущего значения региональной средней ПСС на региональную норму.

Региональные средние рассчитываются для территории РФ в целом, ее европейской (ЕЧР) и азиатской (АЧР) частей, девяти физико-географических регионов и восьми федеральных округов РФ. Ниже приводится список, согласно которому регионы включены в нижеследующие таблицы.

№	Физико-географические регионы РФ	Федеральные округа РФ
1	Север ЕЧР и Западной Сибири	Центральный
2	Север Восточной Сибири и Якутии	Южный
3	Чукотка и север Камчатки	Северо-Западный
4	Центр ЕЧР	Дальневосточный
5	Центр и юг Западной Сибири	Сибирский
6	Центр и юг Восточной Сибири	Уральский
7	Дальний Восток	Приволжский
8	Алтай и Саяны	Северо-Кавказский
9	Юг ЕЧР	

При проведении расчетов используется информация из созданной во ВНИИГМИ-МЦД базы данных «Суммарная за месяц продолжительность солнечного сияния на станциях России», которая является месячным обобщением ежесуточных наблюдений за солнечным сиянием по гелиографу. Используются данные с 1961 г., когда с увеличением числа станций, представленных в информационной базе, существенно улучшилась территориальная освещенность данными.

По месячным значениям ПСС для каждой станции, подающей телеграммы «КЛИМАТ», рассчитываются сезонные суммы, если присутствуют данные за все три месяца календарного сезона (сезон «зима» включает декабрь предыдущего года), и годовые – при наличии данных для всех 12 месяцев года (январь – декабрь). Наряду с суммарной продолжительностью солнечного сияния (SS , часы) рассматриваются ее аномалии: отклонение от нормы (VS , часы) и относительная аномалия (RS , %) – отношение к норме, выраженное в процентах. Норма (среднее многолетнее значение) рассчитана за период 1981–2010 гг.

Учитывая, что климатический бюллетень ВНИИГМИ-МЦД [6] выпускается один раз в год и включает информацию месячного, сезонного и годового разрешения, на большой объем получаемых

оценок при их представлении в бюллетене приходится накладывать определенные ограничения.

На примере анализа данных по продолжительности солнечного сияния за 2017 год покажем основной состав рассматриваемых характеристик и формы их представления в соответствующем разделе климатического бюллетеня ВНИИГМИ-МЦД. Этот раздел содержит две части: данные об аномалиях истекшего года (1) и обновленные (с учетом этих данных) оценки современных тенденций в изменении ПСС на территории РФ (2).

1. Продолжительность солнечного сияния на территории России в 2017 году

В этом разделе бюллетеня полученные по данным метеорологических станций оценки представлены в виде карт для территории России. Для истекшего года в целом и четырех календарных сезонов, каждый из которых включает по три месяца, приводится пространственное распределение самой ПСС и ее относительных аномалий, а также их описание. При анализе пространственного распределения аномалий месячных сумм ПСС используются публикуемые Гидрометцентром РФ карты среднемесячных аномалий давления на уровне моря и высоты геопотенциала изобарической поверхности H500 [7].

В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (процентили и вероятности непревышения $P(SS \leq SS_{2017})$ – доля наблюдений в прошлом, когда значение переменной было не больше текущего), и порядковые статистики (ранги – порядковые номера в упорядоченном ряду значений). Расчет этих характеристик осуществляется по данным за период, начинающийся 1961-м и заканчивающийся прошедшим годом.

В качестве примера на рис. 1 представлены поля годовых сумм ПСС и их относительных аномалий в 2017 году.

Как видно на рис. 1, в сумме за год в ЕЧР отмечался дефицит солнечного сияния, большой ряд станций в центре и на северо-западе региона попали в 5 %-ные экстремумы. Положительные аномалии (они соответствуют относительным аномалиям $RS > 100\%$)

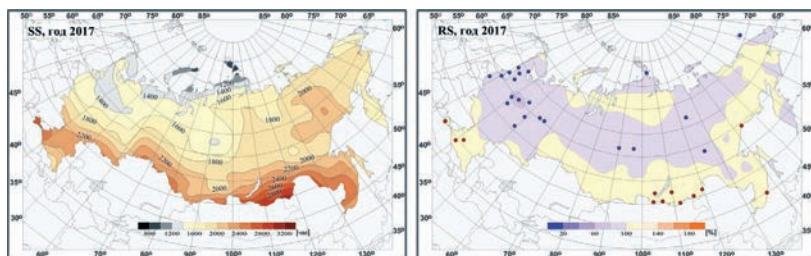


Рис. 1. Пространственное распределение суммарной за год продолжительности солнечного сияния (SS, часы) и ее относительных аномалий (RS, %) на территории РФ в 2017 г. (январь – декабрь). Кругами синего цвета показано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го перцентиля, коричневого цвета – выше 95-го перцентиля

наблюдались только на юге региона. В АЧР положительные аномалии занимали не только всю южную часть территории, но наблюдались также на севере (северные районы Западной Сибири, Красноярского края) и на востоке материка.

В табл. 1 приводятся обобщенные оценки годовых и сезонных аномалий ПСС, полученные с помощью пространственного осреднения станционных данных. Дополнительно в табл. 1 выделены регионы, попавшие в экстремумы (5 максимумов и 5 минимумов). В 2017 г. таким регионом явилась территория России в целом в осенний сезон (ранг 3 в возрастающем ряду). В число пяти минимумов попали четыре из девяти регионов РФ. Оценки для осени 2017 г. приведем в качестве иллюстрации представления в бюллетене сезонных данных (рис. 2, табл. 2).

Осенью 2017 г. отрицательные аномалии ПСС наблюдались на всей территории страны, за исключением небольших участков на юге ЕЧР и юго-западе Западной Сибири, а также районов Тихоокеанского побережья. В ЕЧР наибольший дефицит солнечного сияния отмечался в северо-западных районах – аномалии составили здесь до 54 % от нормы. Для Северо-западного ФО ПСС этого сезона явилась рекордно минимальной. В АЧР в центре Красноярского края наблюдались аномалии до 46 % от нормы. На ряде сибирских станций (Иркутская, Томская области и др.) суммарная за сезон ПСС была меньше наблюдавшихся ранее минимумов.

Таблица 1

Относительная аномалия суммарной за год и сезоны продолжительности солнечного сияния (RS, %) в регионах России и вероятность ее непревышения (P, %), 2017 г.

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	RS	P	RS	P	RS	P	RS	P	RS	P
РФ	100	36	105	70	98	29	102	88	93	4
ЕЧР	98	20	98	38	96	27	101	50	90	13
АЧР	101	59	107	82	99	36	103	89	94	11
Физико-географические регионы РФ										
1	94	11	87	36	86	4	105	61	75	0
2	100	38	127	89	98	32	97	27	92	16
3	99	54	117	77	89	16	101	63	116	88
4	92	5	93	32	94	35	95	23	80	5
5	98	39	100	39	95	29	104	77	82	5
6	101	61	110	91	101	70	102	73	91	2
7	104	89	105	80	102	64	105	84	105	77
8	105	91	101	50	112	98	107	96	91	16
9	109	96	107	68	107	75	109	95	104	66
Федеральные округа РФ										
1	92	11	92	41	96	39	95	25	81	13
2	107	95	99	43	106	79	108	93	103	61
3	89	2	78	16	87	5	96	32	69	0
4	101	71	110	91	98	30	100	66	100	38
5	100	59	103	66	102	73	104	91	86	2
6	97	29	100	45	88	9	108	86	84	11
7	92	13	97	43	91	23	98	38	83	11
8	108	91	115	82	100	48	110	89	112	80

Примечание. Желтым цветом выделены значения, попавшие в 5 максимальных, серым – в 5 минимальных.

В сентябре, несмотря на то, что над Восточной Европой располагался мощный обширный блокирующий антициклон, на большей части Европейской территории страны отмечался дефицит солнечного сияния. В это же время практически вся территория Сибири была занята обширной областью отрицательных аномалий давления, а вместе с ней и отрицательными аномалиями ПСС. На ряде станций Иркутской и Томской областей, а также

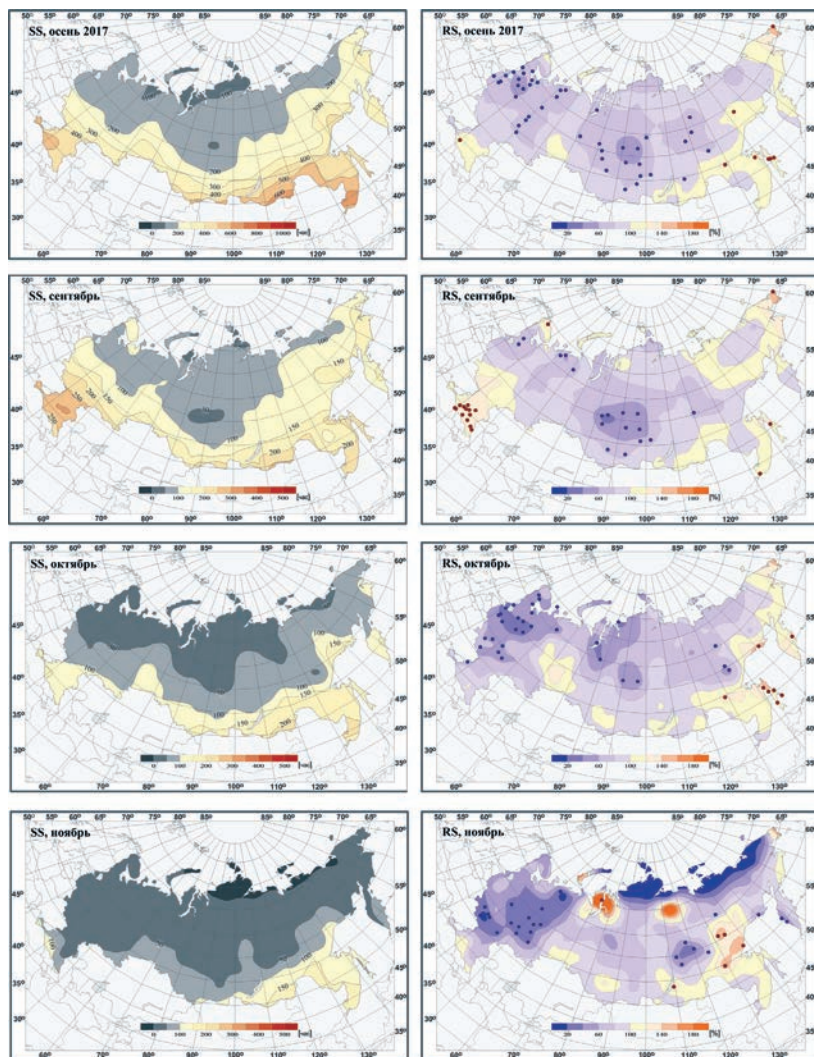


Рис. 2. То же, что на рис. 1, но для осеннего сезона 2017 г.

на юге Красноярского края были зафиксированы новые месячные минимумы ПСС. Область положительных аномалий ПСС располагалась на юге ЕЧР – средняя аномалия для Северо-Кавказского ФО составила 59 часов, для Южного ФО – 45 часов. Здесь на ряде

станций были превышены наблюдавшиеся ранее максимумы. Суммарная продолжительность солнечного сияния за сентябрь на некоторых станциях Ставропольского края впервые превысила 300 часов. Положительные аномалии ПСС наблюдались также на востоке АЧР, наиболее заметные – на Чукотке.

Таблица 2

Средняя региональная продолжительность солнечного сияния (SS, часы) и ее аномалия (VS, часы) осенью 2017 г.

Регион	Осень		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
	SS	VS	SS	VS	SS	VS	SS	VS
РФ	289	-23	141	-6	93	-10	56	-6
ЕЧР	274	-30	166	8	72	-25	36	-13
АЧР	296	-19	131	-12	101	-4	64	-3
Физико-географические регионы РФ								
1	105	-34	76	-12	20	-20	8	-2
2	195	-17	109	-3	64	-11	21	-4
3	275	39	158	33	85	9	30	-5
4	214	-54	140	-6	56	-27	19	-21
5	226	-51	103	-34	76	-11	47	-7
6	323	-33	137	-19	108	-10	78	-5
7	456	21	176	4	164	15	117	3
8	369	-37	153	-24	134	-4	86	-5
9	521	22	274	43	147	-22	98	1
Федеральные округа РФ								
1	229	-55	167	11	49	-40	13	-25
2	532	18	286	45	152	-24	94	-3
3	120	-53	88	-17	25	-26	7	-10
4	327	1	145	1	112	1	70	-1
5	281	-44	120	-28	96	-10	66	-5
6	187	-36	97	-18	56	-14	31	-7
7	229	-47	146	-4	65	-18	18	-25
8	492	53	259	59	137	-11	95	3

В октябре на территории России сохранилось преобладание отрицательных аномалий ПСС, причем ЕЧР оказалась полностью занята отрицательными аномалиями. Наибольший дефицит солнечного сияния отмечался в северо-западных районах ЕЧР и на севере Западной Сибири. На ряде станций значения ПСС оказались меньше

зафиксированных ранее минимумов для данного месяца (Архангельская, Новгородская, Вологодская и другие области). Положительные аномалии ПСС наблюдались на юге Уральского ФО, а также на востоке страны, главным образом вблизи Тихоокеанского побережья.

В **ноябре** дефицит солнечного сияния на территории ЕЧР сохранился. Обновились наблюдавшиеся ранее минимумы ПСС на некоторых станциях Чувашской и Удмуртской республик, Республики Татарстан, Коми-Пермяцкого АО. На Азиатской территории страны при общем преобладании дефицита солнечного сияния наблюдались небольшие очаги положительных аномалий ПСС. Только на юго-востоке страны положительные аномалии занимали более существенную территорию, и на некоторых станциях отмечалось превышение наблюдавшихся ранее максимумов.

Следует отметить, что в декабре для страны в целом ситуация изменилась незначительно – на территории РФ по-прежнему наблюдалось преобладание отрицательных аномалий ПСС (рис. 3). Однако в северной половине ЕЧР дефицит солнечного сияния усилился – в Северо-западном и Центральном ФО ПСС составил всего 15–16 % от нормы (табл. 3). На ряде станций в центре ЕЧР суммарная за месяц ПСС была меньше наблюдавшихся ранее минимумов (Тульская, Липецкая, Рязанская и другие области). Очаги положительных аномалий ПСС сформировались на крайнем юге ЕЧР, в южных районах Западной Сибири и на востоке страны.

Оценки в табл. 3 позволяют получить представление об изменениях ПСС в каждом из рассматриваемых регионов в течение года. На рис. 4 такие оценки показаны для территории РФ, ЕЧР, АЧР.

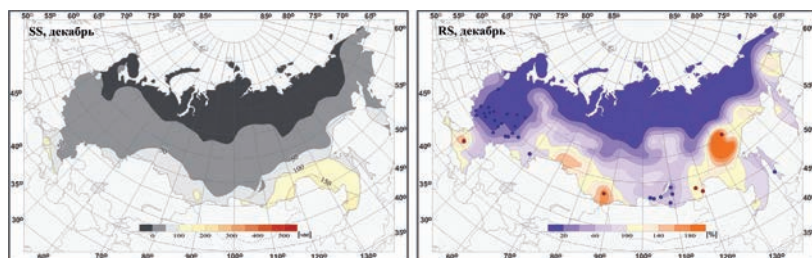


Рис. 3. То же, что на рис. 1, но для декабря 2017 г.

Таблица 3

**Относительная аномалия (%) суммарной за месяц продолжительности
солнечного сияния, осредненной по регионам России, 2017 г.**

Регион	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Физико-географические регионы РФ												
1	98	89	73	88	90	95	126	89	87	51	79	34
2	203	121	101	98	94	100	89	104	97	85	83	98
3	168	98	88	84	92	107	73	128	126	111	86	89
4	116	79	100	88	95	87	88	114	96	67	48	45
5	110	94	108	90	91	104	101	108	75	87	87	112
6	120	107	107	97	99	116	94	95	88	91	94	91
7	111	95	100	98	109	104	120	93	103	110	103	97
8	98	103	120	112	106	116	103	102	86	97	94	96
9	104	120	113	123	92	103	112	108	119	87	101	116
Федеральные округа РФ												
1	102	90	100	89	99	90	87	111	107	55	34	16
2	99	108	115	121	91	104	112	107	119	86	97	115
3	93	76	83	83	92	84	101	104	84	49	43	15
4	119	103	100	96	97	105	97	99	101	101	98	99
5	108	102	109	97	101	113	98	99	81	90	93	98
6	125	89	91	88	87	96	123	103	84	80	81	94
7	135	72	100	86	91	86	90	123	97	78	41	45
8	111	133	103	125	80	103	115	110	130	93	103	108

Примечание. Желтым цветом выделены месяцы с относительной аномалией более 120 %, серым – менее 80 %.

Видно, что на территории РФ в периоды апрель–май и сентябрь–декабрь отмечался дефицит солнечного сияния. Только в одном месяце – январе – для страны в целом наблюдалось преобладание положительных аномалий ПСС. На Европейской территории страны положительные аномалии преобладали в январе, августе и сентябре, а в течение семи месяцев преобладающим был дефицит солнечного сияния, особенно существенный с октября по декабрь. На Азиатской территории страны дефицит солнечного сияния был выражен в меньшей степени, а положительные аномалии преобладали в январе и июне.

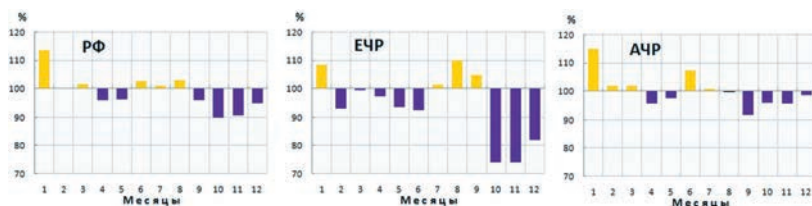


Рис. 4. Относительные аномалии суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния, осредненной по территории РФ, ее европейской (ЕЧР) и азиатской (АЧР) частей, 2017 г.

2. Тенденции современных изменений продолжительности солнечного сияния на территории России

Этот раздел содержит оценки параметров линейного тренда: углового коэффициента b , характеризующего тенденцию (среднюю скорость) изменений рассматриваемой величины на заданном отрезке времени, и вклада тренда в общую дисперсию ряда D , полученные по временным рядам сезонных и годовых аномалий ПСС на станциях и в регионах РФ. Тренд рассчитывается методом наименьших квадратов и выражен в часах или процентах за десятилетие (ч/10 лет, %/10 лет). Оценки, полученные для станций, представляются на картах в виде полей изолиний, а для регионов – в таблицах. Оценки углового коэффициента тренда, как правило, сопровождаются оценкой его вклада в суммарную дисперсию ряда. Уровень статистической значимости тренда определяется с помощью критерия Стьюдента.

В бюллетене также приводятся временные ряды аномалий ПСС, которые дополняются скользящими 11-летними средними и линейным трендом. На рисунках тренд представлен для периода с 1976 года, условно принятого за начало современного глобального потепления.

На рис. 5 в качестве примера показано распределение параметров тренда для аномалий годовых сумм ПСС. Видно, что преобладающей тенденцией на территории РФ в период 1976–2017 гг. является рост ПСС. В отдельных районах вклад положительного тренда в дисперсию ряда достигает более 40 % (юг ЕЧР, Восточная Сибирь).

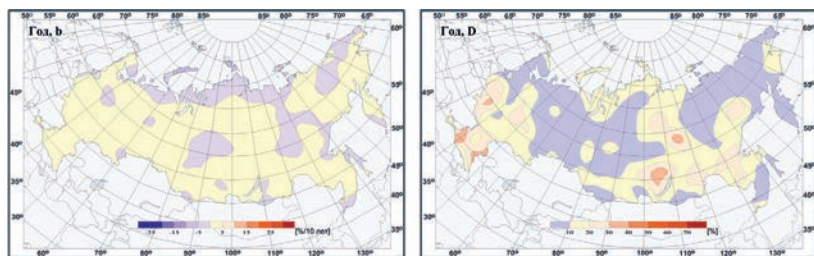


Рис. 5. Оценки линейного тренда относительных аномалий суммарной за год продолжительности солнечного сияния на территории РФ за период 1976–2017 гг.: угловой коэффициент b (слева) и вклад тренда в полную дисперсию ряда D (справа)

Аналогично в бюллетене на рисунках представлено географическое распределение параметров трендов сезонных аномалий ПСС и приводится их краткое описание.

Оценки в табл. 4 отражают основные тенденции современных изменений ПСС для России в целом и в каждом из ее регионов. Для территории России в период 1976–2017 гг. в целом за год и во все сезоны, за исключением осени, наблюдается положительный тренд ПСС, статистически значимый на 1%-ном уровне. Средняя скорость увеличения суммарной за год продолжительности солнечного сияния составила 1,1 %/10 лет, а вклад тренда в суммарную дисперсию ряда D – 28 %. При этом положительный тренд годовых сумм ПСС является статистически значимым (на 1%-ном уровне) и для обеих частей РФ: европейской и азиатской. Однако скорость роста (коэффициент b) в ЕЧР более чем в два раза больше, чем в АЧР ($b_{ЕЧР} = 1,8$ %/10 лет, $b_{АЧР} = 0,8$ %/10 лет). Основной вклад в тренд годовых значений в ЕЧР вносит тренд ПСС в летний сезон, а в АЧР – в зимний.

Согласно полученным оценкам в период 1976–2017 гг. скорость роста ПСС существенно больше по сравнению с периодом 1961–2017 гг. – в ЕЧР почти в четыре раза, в АЧР – в два раза. Однако в последнее тридцатилетие (1988–2017 гг.) тренд уменьшился и остался статистически значимым (на 5%-ном уровне) только для ЕЧР, где он наблюдается во все сезоны, кроме осени. В АЧР в период 1988–2017 гг. тренд выражен только в зимний

сезон. В результате для территории РФ в целом в этот период статистически значимым является только тренд зимних сумм ПСС. В осенний сезон и в ЕЧР, и в АЧР тренд имеет отрицательный знак, но его вклад в полную дисперсию ряда незначительный.

Таблица 4

Оценки линейного тренда аномалий годовой и сезонной продолжительности солнечного сияния, осредненной по территории РФ, ее европейской (ЕЧР) и азиатской (АЧР) частей
 b – коэффициент линейного тренда, D – вклад тренда в общую дисперсию ряда (%)

Сезон	1961–2017			1976–2017			1988–2017		
	b (ч/10л)	b (%/10л)	D	b (ч/10л)	b (%/10л)	D	b (ч/10л)	b (%/10л)	D
РФ									
Год	8,4	0,4	9	20,6	1,1	28	15,3	0,8	9
Зима	2,2	1,1	6	5,8	2,9	23	10,7	5,4	37
Весна	3,9	0,6	10	6,1	1,0	13	4,5	0,7	4
Лето	3,4	0,5	11	6,8	0,9	24	1,7	0,2	1
Осень	-1,8	-0,6	4	-0,1	-0,0	0	-1,9	-0,6	1
ЕЧР									
Год	9,0	0,5	4	33,6	1,8	30	37,8	2,1	18
Зима	-0,7	-0,5	0	0,2	0,1	0	7,7	5,0	13
Весна	5,9	1,0	9	10,8	1,9	15	15,3	2,6	14
Лето	5,6	0,7	6	20,6	2,6	41	17,4	2,2	19
Осень	-3,8	-1,2	6	0,1	0,0	0	-3,0	-1,0	1
АЧР									
Год	8,1	0,4	7	15,1	0,8	16	6,1	0,3	2
Зима	3,2	1,5	10	8,1	3,7	36	12,0	5,5	39
Весна	3,1	0,5	6	4,3	0,6	7	0,2	0,0	0
Лето	2,6	0,4	5	1,1	0,2	0	-4,7	-0,6	5
Осень	-1,0	-0,3	1	-0,2	-0,1	0	-1,4	-0,4	1

Примечание. Линейный тренд, статистически значимый на 5 %-ном уровне показан жирным шрифтом.

Многолетние изменения годовых и сезонных аномалий ПСС на территории РФ, ЕЧР и АЧР показаны на рис. 6. Оценки тренда годовых и сезонных аномалий ПСС за период 1976–2017 гг. для

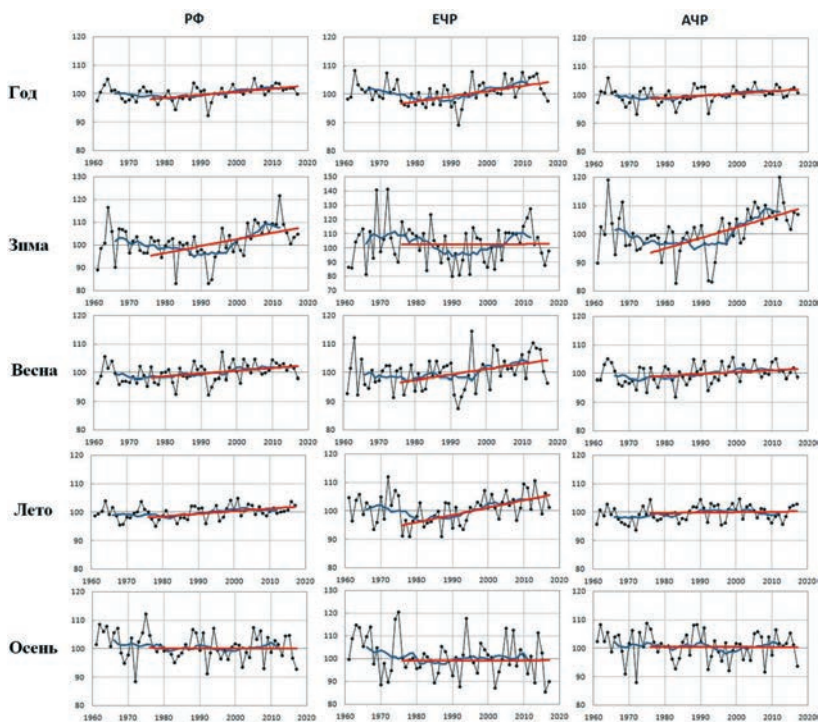


Рис. 6. Временные ряды относительных аномалий (%) годовой и сезонной продолжительности солнечного сияния, осредненной по территории РФ, ее европейской (ЕЧР) и азиатской (АЧР) частей. Дополнительно показаны: 11-летние скользящие средние (синие кривые) и линейный тренд за 1976–2017 гг. (красные линии)

физико-географических регионов и федеральных округов РФ приведены в табл. 5.

Наиболее существенным в период 1976–2017 гг. является положительный тренд ПСС в зимний сезон в Восточной Сибири ($b = 11,2 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ на севере и $b = 4,0 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ на юге), сохраняющий статистическую значимость на 1%-ном уровне и в весенний сезон. Обращает внимание также положительный тренд в летний сезон в ЕЧР ($b = 3,0 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ в центре и $b = 3,2 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ на юге). Следует отметить, что в связи с существенным дефицитом солнечного сияния в последние два года в осенний сезон на

Европейской территории страны, стал статистически значимым (на 5 %-ном уровне) отрицательный тренд ПСС в Северо-западном ФО ($b = -3,6 \text{ \%}/10 \text{ лет}$).

Таблица 5

**Оценки линейного тренда относительных аномалий
продолжительности солнечного сияния,
осредненной по регионам России; 1976–2017 гг.**
b – коэффициент линейного тренда,
D – вклад тренда в общую дисперсию ряда (%)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
Физико-географические регионы РФ										
1	0,5	1	0,7	0	0,1	0	0,6	1	-2,1	3
2	1,0	14	11,2	48	1,0	6	-0,4	1	-0,1	0
3	1,0	3	6,7	11	-1,4	3	1,6	3	0,6	0
4	1,8	15	-0,2	0	1,9	9	3,0	28	-0,0	0
5	0,7	2	4,9	12	0,7	1	0,1	0	-0,7	0
6	1,2	23	4,0	40	1,5	20	0,5	2	-0,2	0
7	0,2	1	1,7	12	-0,0	0	-0,7	2	0,3	1
8	0,9	8	1,3	4	1,1	6	0,9	6	0,1	0
9	2,5	38	1,5	2	2,8	15	3,2	44	0,8	2
Федеральные округа РФ										
1	2,2	14	-4,2	3	3,5	17	3,3	23	-0,1	0
2	3,1	47	2,0	4	3,1	16	3,7	49	1,8	6
3	0,3	0	-4,9	6	0,9	2	0,9	2	-3,6	11
4	0,6	14	3,7	33	0,4	3	-0,3	1	0,1	0
5	0,9	13	3,2	19	1,0	8	0,4	2	-0,2	0
6	0,9	4	5,4	11	-0,1	0	1,4	4	-1,0	1
7	2,1	14	3,1	3	1,1	2	3,5	26	0,6	0
8	1,8	23	0,8	0	2,0	8	3,0	33	0,2	0

Примечание. Тренд статистически значимый на 5 %-ном уровне показан курсивом, на 1 %-ном – жирным шрифтом.

Многолетние изменения годовых аномалий ПСС в физико-географических регионах и федеральных округах показаны на рис. 7 и 8 соответственно.

Представляется, что предлагаемые для включения в бюллетень ВНИИГМИ-МЦД материалы позволят получать довольно полное

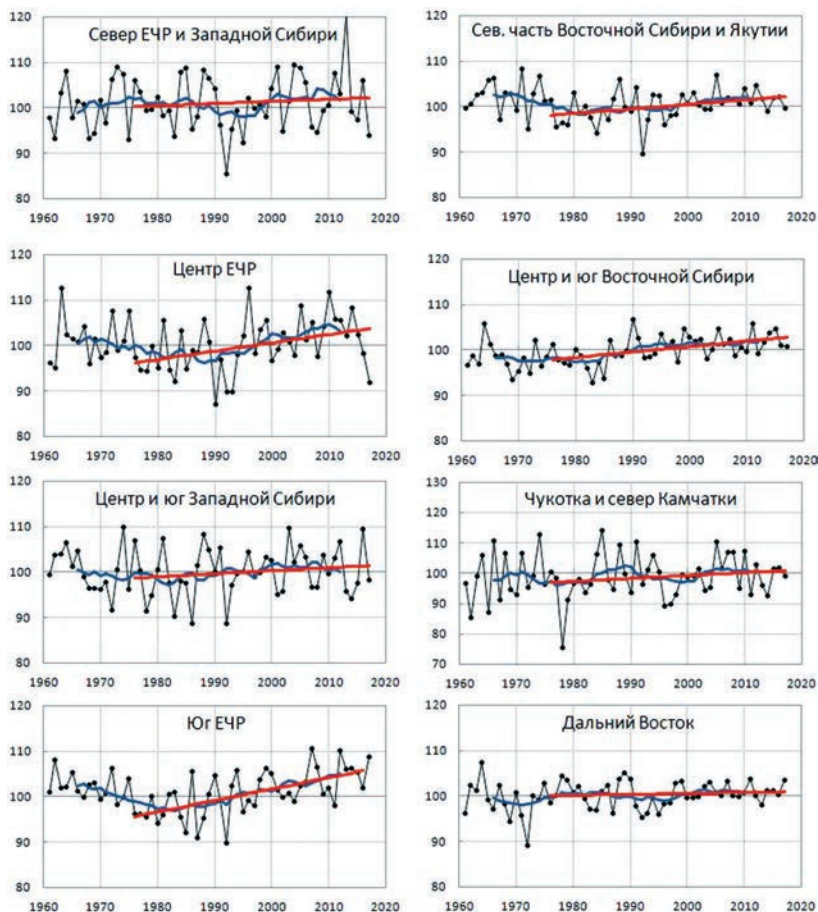


Рис. 7. Временные ряды относительных аномалий (%) суммарной за год продолжительности солнечного сияния, осредненной по физико-географическим регионам РФ. Дополнительно показаны: 11-летние скользящие средние (синие кривые) и линейный тренд за 1976–2017 гг. (красные линии)

представление об особенностях режима солнечного сияния на территории РФ в истекшем году, а также об основных тенденциях в многолетних изменениях ПСС. Учет этих тенденций необходим при выполнении научных разработок во всех областях экономики,

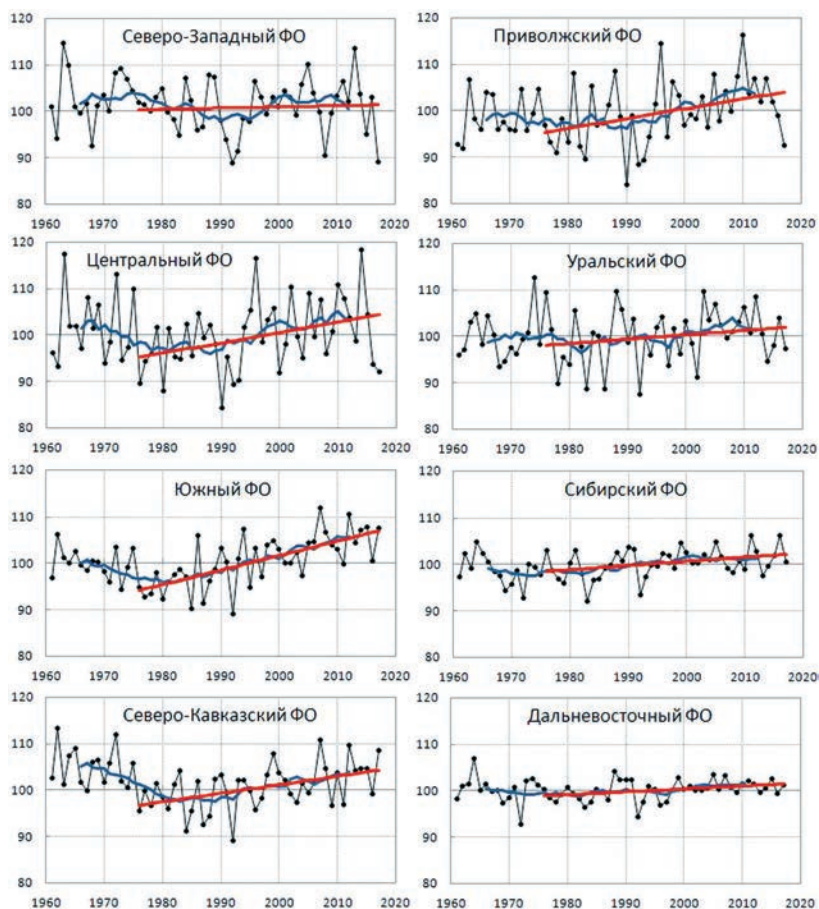


Рис. 8. То же, что на рис. 7, но для федеральных округов РФ

где используется информация о ПСС (гелиоэнергетика, градостроительство, здравоохранение, сельское и лесное хозяйство). В современных условиях меняющегося климата это особенно важно для исследований климатических ресурсов солнечной радиации, связанных с решением проблемы оптимизации природопользования.

В целях большего информационного обеспечения данные о продолжительности солнечного сияния целесообразно включать в Ежегодный доклад Росгидромета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East – 2016*. <https://www.dwd.de/EN/ourservices/ravibulletinjahr/ravibulletinjahr.html>.
2. *Annual Report on the Climate System 2016*. <https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/arcs/arcs2016.pdf>.
3. *Апасова Е.Г., Клещенко Л.К.* Описание массива данных суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния на станциях России. <http://meteo.ru/data/160-sunshine-duration#описание-массива-данных>.
4. *Мониторинг* климата России. http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=75&lang=en.
5. *Клещенко Л.К.* Некоторые результаты статистического анализа данных о продолжительности солнечного сияния на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 181. С. 69–85.
6. *Климатические условия* на территории России. <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/93-klimaticheskie-usloviya/179-klimaticheskie-usloviya-na-territorii-rossii>.
7. *Карты* среднемесячных значений и аномалий метеовеличин по Северному полушарию за прошедший месяц. <https://meteoinfo.ru/anomalii-tabl3>.

УДК 551.5

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В ПОЛЯХ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КЛИМАТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

Б. Г. Шерстюков

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

Введение

Наряду с автоколебаниями в климатической системе и антропогенными факторами локальных климатических изменений в различных регионах Земли нельзя исключать возможность существования вариаций климатических условий, вызванных внешними долгоживущими динамическими факторами возмущений в орбитальном и осевом вращении Земли. Динамические вариации обладают несомненными прогностическими свойствами, так как по законам небесной механики возможно их предвычисление на многие десятилетия вперед. Долговременные закономерности даже очень слабых внешних воздействий могут послужить прогностической основой для получения оценок предстоящих изменений в полях метеорологических элементов.

В динамических возмущениях Земли доминирует Луна, поэтому при создании методов долгосрочного прогноза изменений основных климатических показателей необходимо вычислять вклад лунных возмущений в общую изменчивость климата и оценивать целесообразность учета этих возмущений в прогностических моделях.

История исследований влияния Луны на погоду и климат началась задолго до XX века. Результаты часто были противоречивыми и малоубедительными. Противоречия начинались с выбора характеристики лунной динамики, которая ответственна за предполагаемые воздействия на погоду. Приливообразующая сила и приливы в океане хорошо известны с давних времен, а приливы в атмосфере часто признаются неспособными внести

изменения в погоду. Однако возможны и другие механизмы, способные передавать лунные возмущения в атмосферу.

Еще Эйлером было показано, что сжатие Земли является причиной возникновения некоторых небольших колебаний мгновенной оси ее вращения (нута́ция). Нута́ция создает силы деформации Земли, которые приводят к небольшим колебаниям уровня океана – вызывает полюсный прилив (к приливообразующей силе Луны не имеет отношения). С полюсным приливом связаны небольшие, но глобальные изменения океанских течений [8] и изменения в теплообмене океан–атмосфера. Изменения склонения Луны всегда сопровождаются изменениями в скорости вращения Земли, которые неизбежно приводят к изменениям в атмосферной циркуляции [2].

Но насколько велики лунные воздействия (прямые или косвенные) на процессы в атмосфере? Вопрос заключается в количественных оценках и практической значимости предполагаемого влияния на погодно-климатические показатели по сравнению с другими факторами. Все познается в сравнении, поэтому основным методом в данной работе выбран метод оценки относительного вклада исследуемого фактора в общую дисперсию метеорологических элементов – давления и температуры воздуха.

В качестве лунного показателя выбрано склонение Луны. Известно, что Луна делает полный оборот вокруг Земли за 27,3 суток, при этом ее склонение изменяется в пределах от $\pm 28^{\circ} 35'$ до $\pm 18^{\circ} 17'$ [2] в зависимости от других показателей лунной орбиты, которые изменяются с периодом 18,6 лет, но в настоящей работе не рассматриваются.

Изменение склонения с периодом около 27 суток и связанные с этим лунные приливы приводят к растяжению всех оболочек Земли (литосферы, океана, атмосферы) в сторону Луны на географической широте, равной склонению Луны, и в диаметрально противоположную сторону. Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой Луна–Земля. Растяжение Земли означает удаление некоторой массы от оси вращения Земли, момент инерции увеличивается, при этом неизбежно происходит замедление вращения Земли вокруг своей оси, так как произведение момента

инерции на угловую скорость – величина постоянная. Величина растяжения Земли увеличивается, когда линия растяжения совпадает с плоскостью экватора, и уменьшается, когда линия растяжения отклоняется от плоскости экватора.

За один оборот Луна проходит от южного максимума склонения, через экватор к северному максимуму и обратно. В дни, когда Луна проецируется на экватор (склонение около нуля), скорость вращения Земли минимальная, а в дни, как южного, так и северного максимума, скорость максимальная за оборот. То есть за один оборот Луны наблюдается два максимума и два минимума скорости вращения Земли.

Если лунные возмущения земных процессов могут сопровождаться изменениями атмосферной циркуляции, то их можно обнаружить в региональных изменениях метеорологических элементов. При построении статистических экспериментов по выявлению лунного эффекта необходимо учитывать возможные региональные особенности его проявления. Региональные особенности могут заключаться в различной тесноте связи вариаций давления с лунными воздействиями, в знаке эффекта и во времени запаздывания атмосферного эффекта. Решение всех возникающих вопросов превращается в трудную задачу. Однако на первом этапе следует прежде всего решить упрощенную задачу – получить подтверждение какого-либо проявления в атмосфере лунного воздействия, не углубляясь в подробности, и определить районы наиболее заметных лунных эффектов в атмосфере. Наличие какого-либо лунного воздействия в вариациях атмосферного давления и температуры воздуха оценивалось в работе по процентному вкладу вариаций, вызванных изменениями склонения Луны в общую дисперсию аномалий исследуемых метеорологических величин. Но для этого вначале необходимо было выделить вариации метеорологических величин, вызванные изменениями склонения Луны. Выделение выполнено методом наложения эпох (МНЭ), который описан ниже.

Исходные данные и методы анализа

Исходными данными для анализа послужили ежедневные данные о продолжительности суток (единица измерений 0,001 с)

за 1962–2015 гг. [3], сведения о склонении Луны за 1962–2015 гг. S_m (получены в Институте прикладной астрономии РАН, г. Санкт-Петербург) и ежедневные данные о давлении воздуха по глобальной сети станций.

Продолжительность суток – это величина производная от скорости вращения Земли. При увеличении скорости вращения продолжительность суток уменьшается, а при уменьшении скорости продолжительность увеличивается.

Данные об атмосферном давлении по станциям Земли собраны из трех источников: NCDC [4], ECA [5] и фондов ВНИИГМИ-МЦД. Общий массив составил 8376 метеорологических станций Северного и Южного полушарий Земли с ежедневными данными за период 1971–2015 гг. Густота станций неравномерная по регионам Земли, однако все регионы оказались охвачены данными наблюдений. Это позволяет строить карты региональных особенностей исследуемого явления.

Далее были вычислены и анализировались аномалии давления и температуры как отклонения исходных среднесуточных значений от норм за период 1971–2010 гг.

Причин для существования вариаций метеорологических величин много. Лунные вариации, даже если они существенны, не являются доминирующими, поэтому необходим специальный метод выделения слабых лунных возмущений на фоне других вариаций исследуемой характеристики. Таким методом является метод наложения эпох [6]. Метод хорошо работает, если известны даты некоторых событий (реперные даты), после которых ожидается отклик во временном ряде некоторой геофизической характеристики, например атмосферного давления или температуры. Реперные даты выбираются под конкретную гипотезу о моментах исследуемых событий. Рассматриваются также изменения геофизической характеристики за несколько дней до и после реперной даты (для сравнения). При осреднении исследуемой характеристики в даты известных событий все вариации, не связанные с исследуемыми событиями, будут погашены, а возмущения, связанные с реперными датами, останутся. Таким образом, при известных датах лунных воздействий можно

выделить даже слабый искомый эффект на фоне других больших вариаций метеорологических величин.

В МНЭ реперными датами t_0 за каждый оборот Луны вокруг Земли служили даты максимального склонения Луны (наибольшего удаления от экваториальной плоскости Земли в сторону Северного полушария). t_0 – это условная дата начала оборота Луны вокруг Солнца. Последующие за ней даты – $t_1, t_2, \dots, t_{26}$ – охватывают полный цикл изменения склонения. Даты от t_0 до t_{26} будем называть серией дат МНЭ. Сидерический период Луны – 27,32 суток, за год Луна делает около 13 оборотов вокруг Земли. Год разбивается на 13 лунных месяцев. Каждое начало нового оборота Луны служило реперной датой t_0 и началом новой серии дат, а последующие служили датами $t_1, t_2, \dots, t_{26}$ в наложении эпох. Если с каждым оборотом изменение склонения Луны сопровождается подобными эффектами в изменениях метеорологических величин M (на фоне других составляющих изменений метеорологических величин), то лунную составляющую в давлении (и аналогично в температуре) можно выделить осреднением соответственных значений по всем сериям, отдельно по датам $t_1, t_2, \dots, t_{26}$:

$$e_i = \frac{1}{n} \sum_j^n M(t_i),$$

где i перебирает даты внутри серии, j перебирает серии, а n – число серий.

Средние значения по каждой дате обозначим соответственно: $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{26}$. Дисперсии значений, участвующих в осреднении, обозначим по датам соответственно $d_0, d_1, d_2, \dots, d_{26}$. При таком осреднении лунные возмущения в каждый из дней $t_0 \div t_{26}$ будут каждый раз в соответствующей фазе, а все другие составляющие колебаний метеорологических величин окажутся случайными по отношению к выбранным реперным датам. Значения $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{26}$ являются результирующими значениями МНЭ. Осреднение по выбранным датам, составляющее суть МНЭ, позволяет погасить случайные возмущения и оставить возмущения, связанные с реперными датами. При этом дисперсии $d_0, d_1, d_2, \dots, d_{26}$ характеризуют шум от неполного погашения случайных возмущений. Здесь под случайными возмущениями

понимаются вариации метеорологических величин, не связанные с реперными датами.

Для получения сравнительных оценок вклада изменения склонения Луны в изменения аномалий давления дополнительно были назначены списки тестовых реперных дат, случайных по отношению к датам изменения склонения Луны. В январе каждого года выбиралась случайная дата T_0 (датчик случайных чисел) и даты $T_1, T_2, \dots, T_{26}$ в последующие 26 суток. Совокупность выбранных дат будем называть серией тестовых дат. Далее по шкале времени последующим датам опять присваивались номера $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$, которые представляют собой следующую серию тестовых дат. В каждом году было назначено 13 серий тестовых дат $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$ со случайным началом отсчета. То есть если даты t_0 каждый год подстраиваются под начало лунного оборота, то даты T_0 с движением Луны не связаны. По датам $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$ были вычислены многолетние средние значения давления (температуры) $E_0, E_1, E_2, \dots, E_{26}$ и дисперсии $D_0, D_1, D_2, \dots, D_{26}$, которые характеризуют общую изменчивость вариаций давления (температуры).

Если реперные даты $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{26}$ действительно определяют некоторую фазу воздействия Луны на давление (температуру) воздуха, тогда дисперсия шума – дисперсия значений, приходящихся на реперные даты t_0 и другие даты ($t_1, t_2, \dots, t_{26}$), должна быть меньше общей дисперсии, вычисленной за те же годы по тестовым датам $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$.

Дисперсии давления (температуры) d_i , вычисленные по датам склонения Луны $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{26}$, сравнивались с дисперсией давления D_i по датам $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$.

Вклад (P) склонения Луны в общую дисперсию давления (температуры) по датам оценивался в %:

$$P_i = 100 \% (D_i - d_i) / D_i. \quad (1)$$

Если даты $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{26}$ так же случайны, как даты $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{26}$, то дисперсии D_i и d_i будут примерно одинаковыми, а вклад будет близок к нулю. Если же даты $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{26}$ не случайны, тогда дисперсия d_i будет стремиться к нулю, а вклад – к 100 %.

За обобщенную характеристику вклада склонения Луны в общую дисперсию давления (температуры) за полный оборот Луны принималось среднее значение

$$P = \frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} P_i.$$

Статистическая достоверность различия анализируемых дисперсий и вклада лунного эффекта в общую дисперсию анализируемого ряда оценивалась по критерию Фишера [7]. Вычисленными оценками Фишера являются отношения дисперсий D_i/d_i . Если вычисленное отношение дисперсий больше критического, то различие дисперсий D_i и d_i статистически достоверно с вероятностью более 95 %, а, следовательно, с такой же достоверностью определен вклад лунного эффекта в общую дисперсию анализируемого временного ряда. Оценка Фишера D_i/d_i и оценка вклада P связаны простым соотношением

$$D_i/d_i = 1/(1 - P_i).$$

Анализ вклада лунного эффекта в общую дисперсию аномалий давления хорош тем, что позволяет сразу получить количественную оценку изучаемого явления и на первом этапе не вдаваться в подробности эффекта (знак, время запаздывания). В силу множества региональных особенностей полноценный анализ эффекта представляет собой задачу второго этапа исследований.

Лунные возмущения в скорости осевого вращения Земли

Анализ проводился на основе МНЭ и описанных выше реперных дат склонения Луны. Анализировался каждый оборот Луны. В каждом году было определено по тринадцать дат. За 1962–2015 гг. получено 702 даты t_0 . Каждая дата t_0 – это дата наибольшего склонения Луны за ее оборот вокруг Земли. Наложение эпох проводилось в интервале 27 суток от t_0 до $t_0 + 26$.

Ставилась задача получения количественных оценок лунного эффекта в изменении продолжительности суток (LOD). Анализировались ежедневные значения аномалий LOD (отклонения от годового хода за 1962–2015 гг.). Известно, что уменьшение продолжительности суток должно происходить как при большом северном склонении Луны, так и при большом южном склонении

(южное склонение задано со знаком минус). Как было указано, наибольшая продолжительность суток должна быть в дни прохождения Луной плоскости земного экватора как при ее движении с севера на юг, так и при движении с юга на север. В анализе использовался ряд квадратов склонения Луны Sm_2 для плавного обращения отрицательных значений склонений в положительные значения

Для каждого дня наложения эпох осреднение проводилось по 702 случаям, подобранным за 1962–2015 гг. Так были получены значения МНЭ аномалий продолжительности суток ΔLOD и для сравнения – значения МНЭ квадрата склонения Луны Sm_2 по датам $t_0, \dots, t_0 + 26$. Полученные значения МНЭ позволяют последовательно проследить изменения продолжительности суток, начиная с даты максимального северного склонения Луны, в течение всех последующих 27 суток обращения Луны вокруг Земли. На рис. 1 приведены значения ΔLOD , полученные в результате наложения эпох, и аналогичные значения Sm_2 по суткам.

На рис. 1 первый день оборота Луны по горизонтальной оси соответствует реперной дате t_0 – момент наибольшего склонения за полный оборот Луны вокруг Земли. $lod+$ и $lod-$ – среднеквадратические отклонения от точек ΔLOD на графике. Из рис. 1 видно, что наименьшая продолжительность суток наблюдается в первый, 27-й и 14-15 дни оборота Луны вокруг Земли, т.е. вблизи даты максимального северного и даты максимального южного склонения Луны. Амплитуда изменения продолжительности суток под влиянием изменения склонения Луны составляла 5 м/с.

Коэффициент корреляции между продолжительностью суток и квадратом склонения Луны в МНЭ оказался $r = -0,994$. Столь высокая корреляция показывает: а) метод наложения эпох исключил все вариации продолжительности суток, не связанные с изменением склонения Луны; б) изменение склонения Луны приводит к изменениям скорости вращения Земли и продолжительности суток. А из сопоставления дисперсий следует, что изменения склонения Луны создают вариации в аномалиях продолжительности суток, которые составляют около 83 % их общей дисперсии.

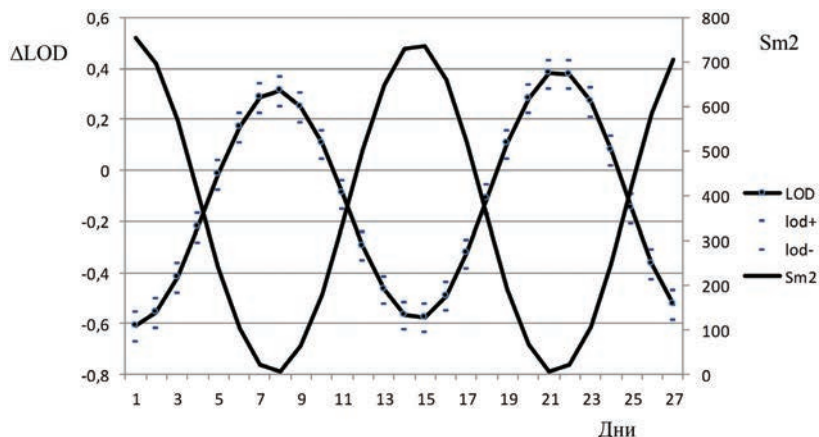


Рис. 1. Квадрат склонения Луны Sm^2 и изменение продолжительности суток ΔLOD (в 0,001 с), полученные методом наложения эпох по дням оборота Луны вокруг Земли

Критическое значение Фишера с уровнем значимости 0,95 для таких оценок составляет менее 1,2, а вычисленное значение оценки Фишера для нашего случая составило 5,9. Это означает, что с достоверностью, превышающей 99 %, изменения склонения Луны создают вариации в аномалиях продолжительности суток, и подтверждает, что эти вариации с достоверностью выше 99 % составляют около 83 % общей дисперсии аномалий продолжительности суток.

Лунные возмущения атмосферного давления в Северном и Южном полушариях Земли

Тем же методом был выполнен анализ лунного эффекта в изменениях аномалий атмосферного давления по метеорологическим станциям Земли, но с учетом возможных сезонных и региональных различий эффекта. Анализ проводился отдельно по лунным месяцам. Лунным месяцем считался интервал времени, за который Луна делает полный оборот вокруг Земли (сидерический лунный месяц). Таким образом с помощью МНЭ были получены оценки лунного эффекта в атмосферном давлении на 8376 станциях отдельно по 13 лунным сидерическим месяцам.

Это позволило получить 13 карт пространственных особенностей лунного вклада в общую дисперсию аномалий атмосферного давления и по ним проследить сезонные различия.

Каждое значение вклада на станции получено по данным за 45 лет по каждому отдельному лунному месяцу (дисперсии получены по 45 значениям). Критическое значение Фишера с уровнем значимости 0,95 для таких оценок составляет менее 1,7. С учетом соотношения между оценкой Фишера и оценкой вклада в общую дисперсию получаем, что с достоверностью, превышающей 95 %, изменения склонения Луны создают вариации в аномалиях давления на тех станциях, на которых вклад составляет 40 % и более.

На полученных картах области с вкладом, превышающим 40 %, занимают часто значительные площади. Области на картах с вкладом менее 40 % следует считать менее достоверными, однако они дополняют общую картину и делают более наглядными пространственные особенности лунного эффекта в атмосферном давлении.

На рис. 2 показаны карты пространственного распределения лунного эффекта на всей Земле отдельно по лунным месяцам. Значения менее 10 % рассматривались как отсутствие лунного эффекта, на картах регионы с лунным эффектом менее 10 % показаны белым цветом. Области с более существенным влиянием Луны на давление воздуха выделены на картах красными цветами разных оттенков в соответствии с количественными оценками вклада лунного влияния в общую изменчивость давления. Последовательный анализ по всем месяцам региональных различий лунного эффекта позволил выделить важные особенности.

Анализ показал, что самые существенные изменения атмосферного давления при изменении склонения Луны происходят весной-летом в Северном полушарии Земли.

В третьем месяце (рис. 2, ЛМЗ) лунный эффект со вкладом более 10 % распространяется примерно на половину Северной и Южной Америк, на всю Африку и почти на всю Евразию. Значителен вклад Луны в общую дисперсию давления в умеренных и высоких широтах Северного полушария и на севере Австралии. В некоторых обширных районах лунный вклад на указанных территориях составил 30–40 %.

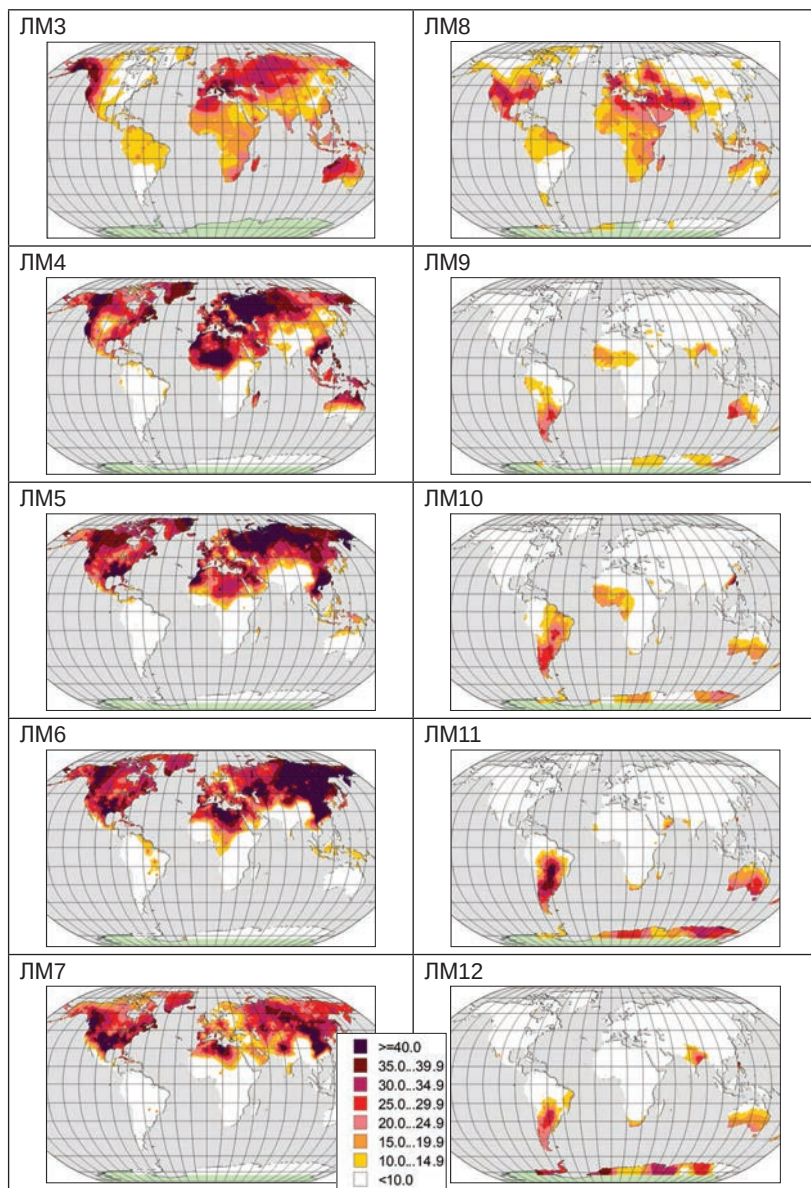


Рис. 2. Вклад склонения Луны в общую дисперсию атмосферного давления (%). По лунным месяцам (ЛМ)

В четвертом месяце (рис. 2, ЛМ4) заметно увеличение лунного эффекта в атмосферном давлении умеренных и высоких широт Северного полушария Земли, вклад в основном составляет 25–40 % и более. Кроме этого лунный эффект усилился до 25–40 % на полуострове Индокитай, островах Океании и севере Австралии. Лунный эффект исчез в Южной Америке, в южной половине Африки, на полуострове Индостан и в краю высочайших гор Азии. Итак, в четвертом лунном месяце (март–апрель) в Северном полушарии лунный эффект стал более значительным по величине и распространился почти на всю его территорию. В Южном полушарии влияние Луны слабое, оно наблюдается только на севере Австралии, островах Океании и на о. Мадагаскар.

В пятом месяце (рис. 2, ЛМ5) продолжилась тенденция усиления лунного эффекта в Северном полушарии. В Южном полушарии, наоборот, лунный эффект стал еще слабее. Севернее 15° с.ш. почти повсеместно лунный эффект в вариациях давления составляет от 25 до 40 %, а на севере Евразии и некоторых районах Северной Америке эффект превышает 40 %. В Австралии влияние Луны в пятом месяце не обнаружено, существенно ослабло оно и в Океании.

В шестом лунном месяце (май–начало июня) Лунный эффект также ярко выражен почти на всей территории Северного полушария (рис. 2, ЛМ6). В Северной Америке и Азии расширились области с лунным вкладом в дисперсию давления более 40 %. В этом лунном месяце (май–июнь) достигается максимум лунного влияния на атмосферное давление в Северном полушарии Земли.

В Южном полушарии давление в этом месяце практически не зависит от изменения склонения Луны

Седьмой лунный месяц (рис. 2, ЛМ7) является переломным в росте лунного влияния на давление воздуха в Северном полушарии. В этом месяце в северных регионах началось ослабление вклада, сократились районы со вкладом больше 30–40 % и более, а в Южном полушарии лунный эффект в этом месяце совсем не проявляется.

В восьмом месяце (рис. 2, ЛМ8) в высоких широтах Северного полушария лунный эффект практически исчез, за исключением

10–15 % лунного вклада в давление на севере Канады. Наибольший лунный эффект переместился из северных широт в умеренные, а по величине он ослаб до 25–30 % вклада в общую дисперсию (умеренные широты Северной Америки и Европы). При этом слабый лунный эффект появился в давлении на севере Южной Америки (10–20 %), охватил всю Африку (10–30 %), Аравийский полуостров и Иранское нагорье (15–35 %) и появился в Океании и Австралии (до 25 %).

В девятом месяце (рис. 2, ЛМ9) в Северном полушарии лунный эффект исчез почти полностью, за исключением района в Африке около 15° с.ш. и долины Ганга (15–25 %), но появился в южной половине Южной Америки (20–30 %), в Австралии (до 30 %) и Антарктиде (10–25 %).

В десятом лунном месяце (рис. 2, ЛМ10) продолжилась тенденция смещения с севера на юг очагов лунных влияний на давление. Усилилось лунное влияние в Южной Америке, Африке и Антарктиде.

В одиннадцатый лунный месяц (октябрь–ноябрь) давление на всем Северном полушарии оказалось неподвластно влиянию склонения Луны (рис. 2, ЛМ11), а в Южном полушарии, наоборот, влияние усилилось, вклад составил до 30–40 % в Южной Америке, Австралии и Антарктиде.

Далее, как уже было описано, в двенадцатом и тринадцатом лунных месяцах (ноябрь–декабрь) лунный эффект в атмосферном давлении наблюдался преимущественно только в Южном полушарии Земли. В двенадцатом лунном месяце на карте (рис. 2, ЛМ12) преобладает белый цвет, означающий, что изменения склонения Луны не сопровождаются существенными изменениями атмосферного давления в этих районах. За исключением района Индо-Гангской низменности нигде более в Северном полушарии влияние Луны не обнаружено в двенадцатом лунном месяце. Однако в Южном полушарии заметное влияние Луны при изменении ее склонения проявляется в Антарктиде, в южной половине Южной Америки, на южной окраине Африки, в южной половине Австралии. Вклад склонения Луны в общую дисперсию атмосферного давления составляет преимущественно

от 10 до 25 %, но в некоторых небольших регионах составляет до 30–35 %. Кроме района реки Ганг, все остальные выделенные регионы находятся в Южном полушарии, в ноябре там начало теплого сезона.

Итак, в начале лета Южного полушария (октябрь – ноябрь) достигается максимум лунного влияния на вариации атмосферного давления в умеренных и высоких южных широтах.

В тринадцатом лунном месяце (декабрь) начинается слабое смещение к северу границ районов с заметным вкладом изменений склонения Луны в изменения атмосферного давления. Так, в Южной Америке влияние Луны с вкладом до 20 % распространилось до экватора, а в южной половине этого континента вклад Луны повысился до 40 %. Увеличился вклад в южной половине Австралии, а в районе реки Амур на Дальнем Востоке появился новый регион с вкладом Луны 10–20 %.

Далее начинается первый лунный месяц нового года (январь). В нем ослабляется вклад Луны во всех указанных ранее регионах Южного полушария, происходит смещение лунного влияния к северу, расширяется район влияния Луны в южной части Азии (охватывает все высокогорные области: Гималаи, Тибет, Алтай и др.) и появляется обширный регион влияния Луны в Северной Америке со вкладом до 20 %. То есть в январе лунное влияние ослабляется в Южном полушарии и усиливается в Северном полушарии. На побережье Антарктиды в январе еще сохраняется влияние Луны, его вклад в давление составляет 20–30 %.

Во втором месяце – конец января – февраль – области влияния Луны расширяются на всех континентах Земли и смещаются к северу. Районы с лунным эффектом 20–30 % появились на севере Южной Америки и на северо-западе Африки, на западе Северной Америки и на севере Азии. А в Антарктиде влияние Луны не обнаружено во втором месяце.

Итак, с середины весны и до середины лета в Северном полушарии (апрель – июль) достигается максимум эффективности лунного влияния на вариации атмосферного давления в умеренных и высоких северных широтах. В Южном полушарии в эти месяцы лунный эффект не обнаруживается. А когда лето

начинает перемещаться в Южное полушарие, то изменение склонения Луны проявляется в изменениях атмосферного давления в умеренных и высоких широтах Южного полушария. Максимум лунного эффекта в Южном полушарии достигается в октябре-ноябре, а в Северном полушарии в эти месяцы лунные вариации в давлении не обнаруживаются. Вклад лунного эффекта в изменения давления – величина относительная, она зависит как от величины лунного воздействия на атмосферу, так и от изменчивости (дисперсии) самой атмосферы. Возможно, сезонные различия лунного эффекта, выраженного в относительных единицах, определяются преимущественно сезонными особенностями дисперсии давления.

Лунные возмущения температуры воздуха в Северном и Южном полушариях Земли

Анализ проводился на основе метода наложения эпох МНЭ отдельно по лунным месяцам в полной аналогии с подобным анализом лунного эффекта в изменениях атмосферного давления. Таким образом, с помощью МНЭ были получены оценки лунного эффекта в температуре воздуха на 8376 станциях отдельно по 13 лунным сидерическим месяцам. Это позволило получить 13 карт пространственных особенностей лунного вклада в общую дисперсию аномалий температуры и по ним проследить сезонные и широтные различия. Каждое значение вклада на станции получено по данным за 40 лет по каждому отдельному лунному месяцу (дисперсии получены по 40 значениям). Критическое значение Фишера с уровнем значимости 0,95 для таких оценок составляет менее 1,7. С учетом соотношения между оценкой Фишера и оценкой вклада в общую дисперсию получаем, что с достоверностью, превышающей 95 %, изменения склонения Луны создают вариации в аномалиях давления на тех станциях, на которых вклад составляет 40 % и более.

На рис. 3 показано пространственное распределение вклада склонения Луны в общую дисперсию аномалий температуры воздуха (в %) по отдельным лунным месяцам. Значения менее 10 % рассматривались как отсутствие лунного эффекта, на картах регионы с лунным эффектом менее 10 % показаны белым цветом.

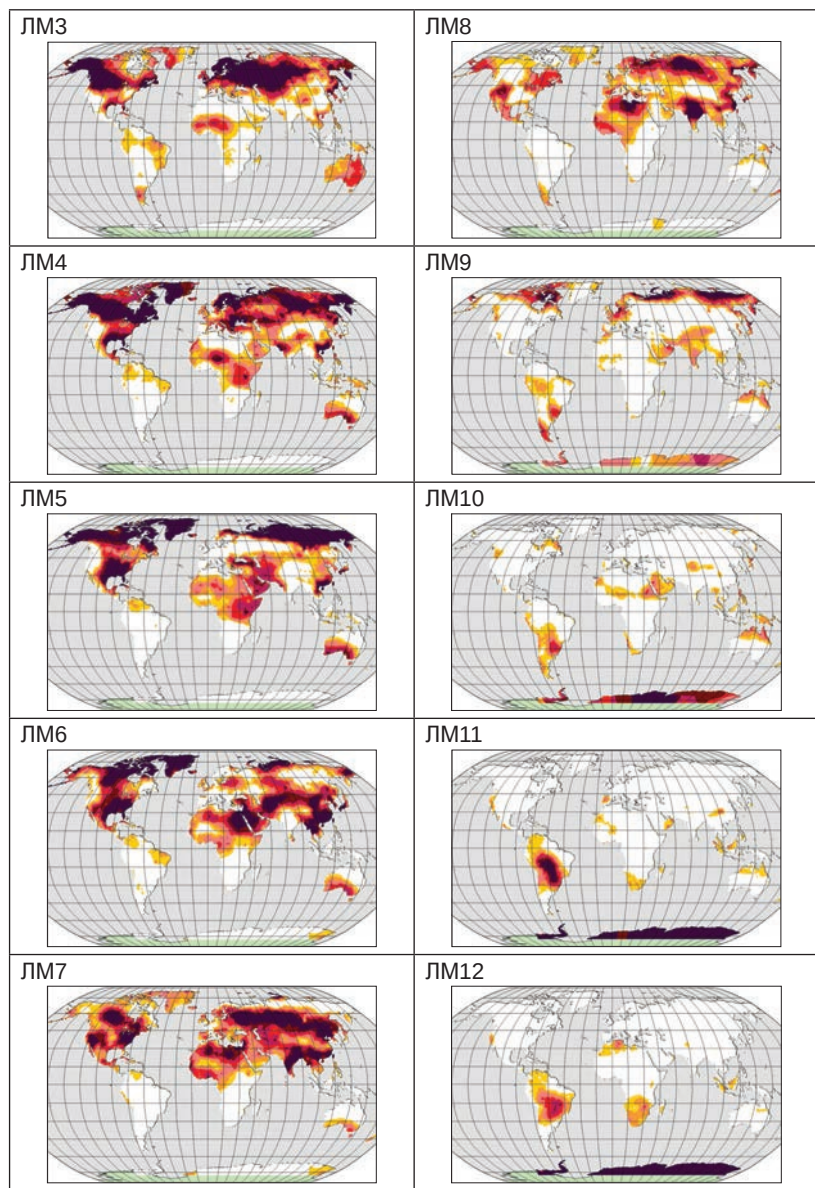


Рис. 3. Вклад склонения Луны в общую дисперсию аномалий температуры воздуха (в %) по лунным месяцам

Области с более существенным влиянием Луны на температуру воздуха выделены на картах красными цветами разных оттенков в соответствии с количественными оценками вклада лунного влияния в общую изменчивость температуры.

В первом лунном месяце изменения склонения Луны очень слабо проявляются в изменениях температуры воздуха – на ограниченных территориях лунный эффект составляет 10–20 %, а на основной части континентов планеты совсем не проявляется на фоне всех других вариаций температуры.

Во втором лунном месяце лунный эффект четко проявляется в умеренных широтах Северного полушария. Изменение склонения Луны сопровождается вариациями в температуре воздуха в широтной зоне 45–70° с.ш. в Северной Америке и Евразии с достоверностью более 95 %. Вклад Луны в общую дисперсию температуры часто превышает 40 %.

В третьем лунном месяце (рис. 3, ЛМ3) зона достоверного лунного эффекта (вклад >40 %) расширяется и охватывает широты от 40 до 70° с.ш., а величина лунного вклада в изменения температуры на значительной территории в Северной Америке и Евразии в указанной зоне превышает 40 % и доходит до 65–75 %. В области 15° с.ш. в Африке и 15–40° ю.ш. в Австралии появились области, в которых лунный эффект составляет 25–30 %.

В четвертом лунном месяце (рис. 3, ЛМ4) зона лунного эффекта еще более расширяется на север. В Америке и Евразии области с эффектом более 40 % охватывают широты от 40° с.ш. до побережья Северного Ледовитого океана, включая Гренландию. Одновременно стала расширяться вторая широтная зона лунного влияния в области от экватора до 35° с.ш. в Африке и Евразии и в области 15–35° с.ш. в Америке. Но на широтах 35–40° с.ш. сохранились области с лунным эффектом менее 40 % и даже менее 20 %, особенно слаб лунный эффект в Евразии на указанных широтах.

В пятом лунном месяце (рис. 3, ЛМ5) еще более усилился лунный эффект в высоких северных широтах Америки и Евразии, а также на юге Северной Америки, в Северной Африке и на юге Евразии, за исключением полуострова Индостан. На широтах

65–75° с.ш. вклад лунного цикла в температуру составляет от 60 до 80 %. Но одновременно появилась полоса слабого лунного эффекта или полного его отсутствия на широтах 45–60° с.ш. в Америке и Евразии. Таким образом, стали заметны две широтные зоны с усилением лунного эффекта и полоса слабого эффекта между ними.

В шестом лунном месяце (рис. 3, ЛМ6) в Северной Америке мало что изменилось, а в Евразии наибольший по площади значимый лунный эффект переместился на юг в зону 15–45° с.ш. А на севере область с эффектом >40 % осталась на побережье Северного Ледовитого океана. Наличие двух широтных зон лунного эффекта сохранилось.

В седьмом лунном месяце (рис. 3, ЛМ7) две полосы лунного эффекта сместились немного на юг, в высоких широтах появилась полоса отсутствия (в Евразии) или слабого (в Северной Америке) влияния Луны на температуру воздуха.

В восьмом месяце (рис. 3, ЛМ8) сохранилась широтная двух-полосность лунного эффекта и началось расширение областей отсутствия лунного эффекта в средних широтах. При этом северная полоса сместилась к северу, а южная – к югу. В высоких широтах лунный эффект опять стал значимым (>40 %).

В девятом месяце (рис. 3, ЛМ9) продолжилась тенденция расширения широтной зоны с отсутствием лунного эффекта до такой степени, что значимый лунный эффект сохранился только в узкой полосе севернее 60° с.ш. А на юге Евразии сохранились области с лунным эффектом не более 25 %. Но одновременно наметилась тенденция усиления лунного эффекта в Южном полушарии Земли. Так, в Южной Америке, Австралии и Антарктиде появились области с вкладом Луны в изменения температуры до 25–30 %.

В десятом месяце (рис. 3, ЛМ10) в Северном полушарии лунный эффект почти не проявляется, но расширился по площади и усилился по величине лунный эффект в Южной Америке и Антарктиде.

В одиннадцатом – тринадцатом лунных месяцах лунный эффект обнаруживается только в Южном полушарии. Вклад >40 % наблюдается в Южной Америке и Антарктиде, а

на юге Африки вклад $> 40\%$ наблюдается только в тринадцатом лунном месяце.

Основные выводы:

1. Подтверждено, что изменение склонения Луны сопровождается неслучайными возмущениями скорости вращения Земли дважды за 27 суток. Вклад лунного эффекта в общую дисперсию аномалий продолжительности суток составляет около 83 %.

2. Изменение склонения Луны при ее движении вокруг Земли сопровождается неслучайными вариациями атмосферного давления и температуры, проявление которых сильно зависит от сезона года и географической широты. Вклад лунного эффекта в общую дисперсию аномалий давления и температуры пространственно неоднороден, в основных очагах вклад составляет 40 % и более.

3. Максимальный эффект от изменения склонения Луны проявляется в атмосферном давлении в конце весны или в начале лета соответствующего полушария: в мае - июне в Северном полушарии и октябре - ноябре в Южном полушарии.

4. Изменения склонения Луны сопровождаются заметными изменениями температуры (на общем фоне температурной изменчивости) в Северном полушарии Земли в первом полугодии, начиная с февраля. Максимальный эффект в температуре Северного полушария наблюдается с апреля по июль. При этом в Южном полушарии лунный эффект в температуре не выделяется на фоне общей изменчивости температуры.

5. В начале осени начинают появляться слабые проявления лунного эффекта в температуре некоторых районов Южного полушария. А, начиная с середины осени и до конца года, значимый лунный эффект в температуре проявляется только в Южном полушарии Земли.

6. Обнаруженные лунные эффекты в изменчивости давления и температуры воздуха предположительно являются вторичными после изменения скорости вращения Земли при изменении склонения Луны.

В результате выполненного анализа получено, что изменения склонения Луны за время ее полного оборота вокруг Земли

сопровождаются неслучайными изменениями атмосферного давления и температуры воздуха в разных регионах земного шара, которые статистически достоверно выделяются на общем фоне изменчивости как давления, так и температуры воздуха. Вклад лунного эффекта сильно зависит от сезона года и географической широты. Вклад – величина относительная, и согласно формуле (1) зависит не только от силы лунного влияния (числитель), но и от общей дисперсии в анализируемом месяце на данной географической широте (знаменатель). Максимального относительного эффекта лунное влияние достигает всегда в летнем полушарии (Северном или Южном) в высоких широтах, когда мала общая дисперсия рядов температуры и давления. При благоприятных соотношениях сил лунного воздействия на земные процессы в сезон наименьшей естественной изменчивости метеовеличин вклад лунного эффекта в вариации давления и температуры часто превышает 40 % общей дисперсии, а в высоких широтах Северного полушария может достигать 60–80 %.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренков Н. С., Сумерова К. А. Синхронизация вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов и подбор аналогов для долгосрочных прогнозов погоды // Труды Гидрометцентра России. 2010. Вып. 344. С. 238–251.
2. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии. – М.: Едиториал УРСС, 2004. 544 с.
3. *International Earth Rotation and Reference Sictem Service* http://data.iers.org/products/213/14444/orig/eopc04_08.62-now.
4. *National Climatic Data Centre* <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsod>.
5. Klein Tank, A.M.G. and Coauthors. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, 2002. 22. P. 1441–1453. <http://eca.knmi.nl>.
6. Пановский Г. А., Браер Г. В. Статистические методы в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. 242 с.
7. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. 576 с.
8. Максимов И. В., Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. Океан и космос. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. 214 с.

УДК [556.535.2+551.577.6+632.123.1]

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Гниломедов

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

Знание характерных для региона опасных и неблагоприятных гидрологических явлений необходимо для использования при стратегическом планировании развития в органах управления и хозяйствующих субъектах. Природная специфика данных явлений в конкретном регионе определяется климатом, рельефом местности, разнообразием водных объектов и т. д.

Нижегородская область является экономически развитым субъектом РФ, в котором происходит значительное число опасных и неблагоприятных гидрологических явлений. Экономическая развитость и высокая плотность населения (42,55 чел./км² по данным 2016 года) данного региона повышает риски ущерба, причиненного вследствие стихийных бедствий.

Для Нижегородской области характерны следующие опасные (ОЯ, ОГЯ) и неблагоприятные гидрологические явления:

- приводящие к наводнениям половодья, паводки, заторы и зажоры;
- нарушающие работу водозаборных сооружений и осложняющие навигацию на судоходных реках низкие уровни воды в межень;
- нарушающие условия эксплуатации гидротехнических сооружений и других хозяйственных объектов очень большие или очень малые расходы воды;
- осложняющее навигацию раннее ледообразование.

М. М. Антоновой (МГУ) использована методология комплексной оценки ОГЯ, основанная на учете распространенности

конкретных опасных гидрологических явлений по субъектам РФ, их масштабности, частоте проявления и опасности для населения, хозяйства и водных экосистем. Наименьшей опасности этих явлений соответствует балл, равный нулю, наибольшей опасности – 1 [1]. Автором рассмотрены основные опасные гидрологические явления на территории бассейна Волги, в том числе в Нижегородской области. Метод, предложенный М.М. Антоновой, определяет степень опасности того или иного ОГЯ в целом по региону, тогда как в данной статье применяется метод расчета вероятности возникновения ОГЯ на определенных участках речной сети. Других подобных работ по Нижегородской области, в которых применена вероятностная оценка возникновения ОГЯ непосредственно на заданном участке реки, не существует.

В статье рассмотрены опасные гидрологические явления Нижегородской области, связанные с высокими и низкими уровнями воды. Исходным материалом в расчетах явились кривые обеспеченности максимальных и минимальных уровней воды на гидрологических постах Нижегородской области, которые были построены сотрудниками лаборатории государственного водного кадастра по данным архивов ВНИИГМИ-МЦД.

Половодье – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников [2]. Критерием ОЯ является максимальный подъем уровня воды до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [3].

Половодье на территории области наблюдается с конца марта по май. Подъем уровня воды во время половодья происходит интенсивно. В годы с высокими половодьями интенсивность подъема уровня, как правило, больше, чем с низким половодьем. Средняя интенсивность подъема уровня – 40–80 см/сутки. Средняя продолжительность периода половодья составляет 30–60 дней, наибольшая – 60–120 дней. Наивысшие уровни весеннего половодья на средних и больших реках наблюдаются во второй–третьей декадах апреля, иногда в первых числах мая, а на малых реках

на 7–10 дней раньше. По степени опасности половодье в области относится к умеренно опасному типу, когда максимальные уровни подъема воды на 0,8–1,5 м превышают уровни начала подтопления, затопления прибрежных территорий (чрезвычайные ситуации муниципального уровня). Площадь затопления поймы реки составляет 40–60 %. Населенные пункты подвергаются, как правило, частичному затоплению. Повторяемость превышения уровня воды над критическим уровнем – каждые 10–20 лет [4].

Превышения критических отметок на большинстве рек области были зарегистрированы в 1994, 2005 гг. В той или иной степени действию процессов гидрологического характера в период весеннего половодья подвержено 38 районов области. Результатами действия процессов становятся затопления и подтопления жилых домов, животноводческих и сельскохозяйственных комплексов, разрушение участков дорог, мостов, дамб, плотин, повреждение ЛЭП, активизация оползней. Наиболее высокие подъемы уровня (до 10–14 м) наблюдаются на реках южной части территории области (рр. Ока, Сура). По данным последних лет, районами, наиболее подверженными паводковым явлениям, оказались Арзамасский, Большеболдинский, Бутурлинский, Воротынский, Гагинский, Кстовский, Перевозский, Павловский, Починковский, Пильнинский, Семеновский, Сосновский, Уренский и Шатковский.

В конце зимы и в весенний период каждого года проводятся мероприятия по спасению людей с оторвавшихся прибрежных льдин.

Паводки – фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды [2]. Критерием ОЯ является подъем уровня до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [3].

На территории области дождевые паводки иногда оказывают влияние на ход уровней в период половодья. На спаде половодья в отдельные годы паводки могут превышать уровень воды в половодье. Наиболее высокие и интенсивные дождевые паводки бывают на средних и малых реках. Средняя интенсивность подъема

уровня воды во время высоких дождевых паводков составляет 120–180 см/сутки, а наибольшая – до 300–350 см/сутки.

Заторы – скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды [2]. Критерием ОЯ является подъем уровня до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [3].

В отдельные годы в период половодья отмечаются подъемы уровня от заторов льда. Обычно заторы образуются в годы с холодной суровой зимой и дружным снеготаянием весной, когда толщина льда достаточно велика, а быстрый подъем уровня воды в реках взламывает еще крепкий, неразрушенный ледяной покров. Заторы льда отмечены преимущественно при высоких уровнях на подъеме или пике весеннего половодья.

Количество ледовых заторов на реках области в среднем достигает 3–4 в год. Вызванные ими подтопления (затопления) наиболее вероятны в населенных пунктах, расположенных по берегам рек, текущих с юга на север, вскрытие которых происходит в направлении от истока к устью. Высота наибольшего подъема уровня при заторах достигает 0,5–3 м.

Зажоры – скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды [2]. Критерием ОЯ является подъем уровня до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [3].

Осенние зажоры наблюдаются обычно в начале зимы. Подъемы уровня воды на реках Нижегородской области, вызванные зажорами, изменяются в больших пределах – от нескольких сантиметров до 1,5–3,0 м, а продолжительность зажоров колеблется от 3–5 дней до 1,5–2 месяцев. Основными источниками образования шуги являются не замерзающие после установления ледостава полыньи. Плотины и водохранилища способствуют вероятности заторов и зажоров на реках, возможности нагонных наводнений на реках, впадающих в водохранилища, поэтому следует опасаться возможности их формирования.

Сведения, приведенные в «Оценочных докладах об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [5], свидетельствуют о том, что на реках территории

Нижегородской области за последние годы наблюдались только малоопасные наводнения, обусловленные продолжительными половодьями и регулирующей ролью водохранилищ. Но большая средняя продолжительность наводнений (9 суток) на реках области почти в два раза больше средней по территории России (5 суток), что является тоже неблагоприятным, например, для выращивания зерновых и других сельскохозяйственных культур. Участились дождевые паводки в летне-осенний период. На Волге, ниже плотин, существует опасность от высоких уровней воды при вынужденных сбросах ее в многоводные периоды, при прорыве плотин.

В табл. 1 представлены условия возникновения ОЯ на водных объектах Нижегородской области в окрестностях пунктов наблюдения за водным режимом. Причиной достижения уровней воды своих максимальных годовых отметок может служить любой из вышеперечисленных факторов. Отметка наступления ОЯ показана как в сантиметрах над нулем гидрологического поста, так и в процентах обеспеченностей этих уровней (в скобках).

Таблица 1

**Возникновение ОЯ при высоких уровнях на водных объектах
Нижегородской области в пунктах наблюдения за водным режимом**

Река – пункт	Максимальный годовой уровень воды различных обеспеченностей, см над «0» поста				Отметка наступления ОЯ, см над «0» поста (% обеспеч.)	Уровень выхода воды на пойму, см над «0» поста
	1%	5%	10%	25%		
Ветлуга – пгт Варнавино	664	613	586	539	580 (11)	400
Ветлуга – пгт Ветлужский	806	755	727	678	770 (3)	630
Ветлуга – Воскресенское	663	612	585	539	600 (6)	450
Керженец-Огибное	542	515	499	472	530 (2)	360
Керженец – с. Хахалы	860	809	780	728	800 (6)	500
Линда-Васильково	327	311	303	290	300 (12)	250
Ока – г. Горбатов	1050	928	864	757	839 (13)	700
Пьяна-Камкино	730	687	678	657	650 (30)	420
Теша – с. Натальино	616	550	515	455	550 (5)	390
Сережа – с. Лесуново	509	499	490	469	457 (30)	280

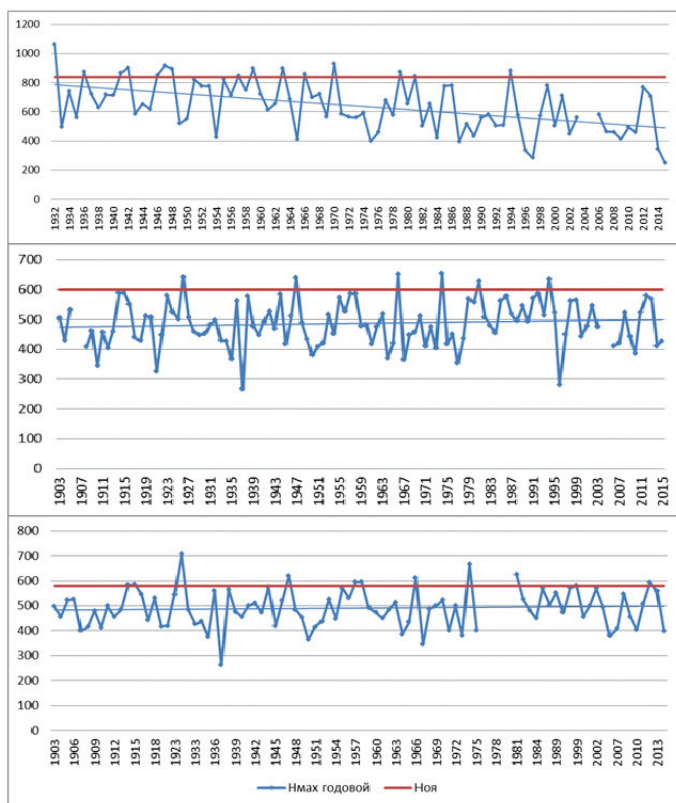


Рис. 2. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max}$ годовой) и их соотношение с уровнем наступления ОЯ (Ноя), р. Ока – г. Горбатов (верхний), р. Ветлуга – пгт Воскресенское (средний), р. Ветлуга – пгт Варнавино (нижний)

Горбатов (рис. 3). Как видно на карте, при уровне 10 % обеспеченности вода подходит вплотную к жилым домам и хозяйственным постройкам, расположенным вдоль долины реки Оки, но не затопливает их.

Низкая межень – понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней [3].



Рис. 3. Территория, подверженная затоплению при максимальных годовых уровнях воды 10 % обеспеченности в районе города Горбатов

Низкие уровни воды в период летне-осенней межени в многолетнем разрезе колеблются на 30–60 см, но на Оке их изменения достигают 1,5 м; на Суре, Ветлуге амплитуда многолетних колебаний низших уровней достигает 0,8–1,2 м, а на малых реках этих бассейнов – 20–30 см.

Распространение карста существенно влияет на подземное питание (основное в межень) рек региона. Подземный сток по сравнению с зональным уменьшается от 2,0 л/с км² в бассейне р. Ветлуга до 0,5 л/с км² в бассейне р. Суры. На малых реках в бассейнах рек Серези, Теши, Пьяны модули подземного стока изменяются от 0,5 л/с км² до нуля, тогда как на отдельных участках выклинивания подземных вод модуль стока возрастает до 2–2,5 л/с км². В засушливые периоды на таких реках наиболее вероятны пересыхания русел до полного исчезновения стока воды. На Волге, ниже плотин, возможны очень низкие уровни воды при вынужденном уменьшении ее подачи в нижний бьеф в периоды маловодий.

В табл. 2 представлены условия возникновения ОЯ (понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в

конкретных пунктах в течение не менее 10 дней) на водных объектах Нижегородской области в окрестностях некоторых пунктов наблюдения за водным режимом. Отметка наступления ОЯ показана как в сантиметрах над нулем гидрологического поста, так и в процентах обеспеченностей этих уровней.

Таблица 2

**Возникновение ОЯ при низких уровнях воды на реках
Нижегородской области в пунктах наблюдения за водным режимом**

Река – пункт	Отметка нуля поста, м. БС	Отметка над нулем поста наступления ОЯ, см	Повторяемость уровня наступления ОЯ, %
Ветлуга – пгт Варнавино	76,13	-13	40
Ветлуга – Воскресенское	69,00	-15	20
Ока – г. Горбатов	67,21	-171	1

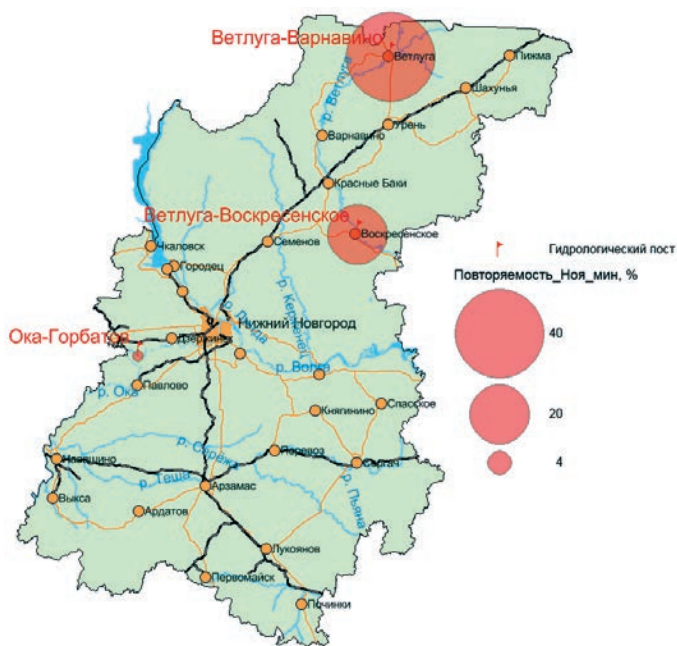


Рис. 4. Вероятность (повторяемость) возникновения ОЯ (низкие уровни продолжительностью более 10 дней) на водных объектах Нижегородской области в окрестностях пунктов наблюдения за водным режимом

Например, повторяемость уровня воды наступления ОЯ в 20 % означает, что в 20 % случаев (в течение одного года из пяти) уровни воды опустятся ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней в течение не менее 10 дней в данном пункте наблюдения. Как видно из табл. 2 рис. 4 наибольшие повторяемости уровней наступления данного ОЯ (20–40 %) наблюдаются на р. Ветлуге.

На рис. 5 можно оценить тренды изменения минимальных среднедекадных уровней воды на некоторых крупных реках области с естественным режимом стока. Так, на реке Оке не происходит заметных временных изменений, и данное ОЯ ни разу не происходило за последние 30 лет. На реке Ветлуге тренд изменения минимальных среднедекадных уровней воды смещается в сторону увеличения вероятности возникновения ОЯ при

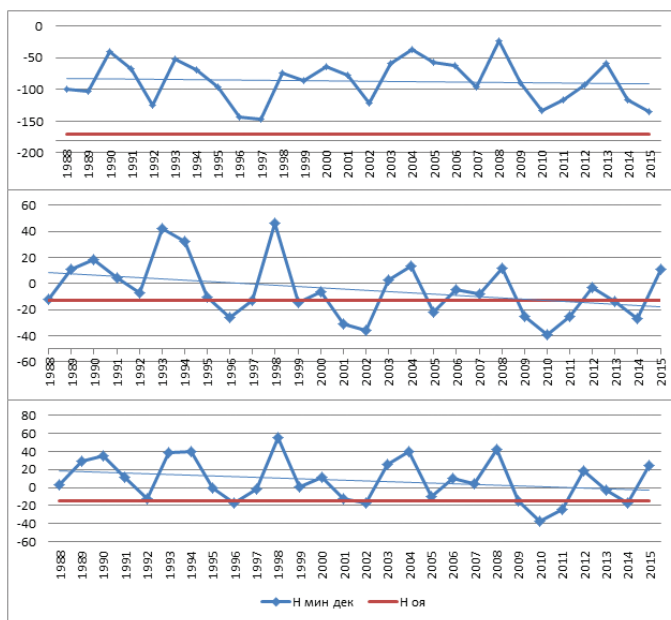


Рис. 5. Динамика минимальных среднедекадных уровней воды (Нмин дек) и их соотношение с уровнем наступления ОЯ (Ноя), р. Ока – Горбатов (верхний), р. Ветлуга – пгт Варнавино (средний), р. Ветлуга – пгт Воскресенское (нижний)

низких уровнях воды. Особенно опасная ситуация складывается в пгт Варнавино.

Таким образом, в статье были рассмотрены методы вероятностных оценок опасных гидрологических явлений на примере рек Нижегородской области. Выявлены и наглядно представлены на карте области места наиболее вероятного их возникновения. Определены и графически представлены временные тренды изменения вероятности ОГЯ на конкретных участках речной сети.

Статья написана в рамках выполнения проекта «Разработка паспорта гидрометеорологической безопасности на примере двух географических районов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова М.М. Комплексная оценка опасных гидрологических явлений в бассейне Волги // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2011. № 1.
2. ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 22.1.08-99 Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования.
4. Научно-прикладной справочник «Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги» [Электронный ресурс] / Коллектив авторов под редакцией В.Ю. Георгиевского. – Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2015.
5. Семенов В.А. Опасные и неблагоприятные гидрологические явления // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М: Росгидромет, 2014. С. 887–893.
6. Мирза Н.С. Геометрический подход для решения задачи расчета зон затопления. – Томск: Томский государственный университет, 2007.

УДК [551.557:551.510.52]: 551.508.822(985)

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ВЕТРА И ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ В НИЖНЕЙ ТРОПОСФЕРЕ НАД АРКТИКОЙ РФ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

О.А. Алдухов¹, И.В. Черных²

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

¹ aoa@meteo.ru, ² civ@meteo.ru

1. Введение

Аэрологические данные в нижнем слое тропосферы [1, 2] необходимы для решения практических и теоретических задач, например при геоэкономическом обосновании строительства атомных и тепловых электростанций, для оценки условий атмосферной дисперсии [3, 4] для нужд авиации и судоходства, при климатических исследованиях [5].

Результаты стандартного радиозондирования атмосферы собраны в аэрологических массивах ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» за период с 1964 г. и пополняются текущими данными [6–11]. Все аэрологические массивы проходят процедуру комплексного контроля качества. Данные радиозондирования в основном ориентированы на получение информации о состоянии свободной атмосферы [11], но после их специальной обработки [3, 7] они могут быть использованы также для улучшения оценок параметров нижнего слоя тропосферы. В [3, 7] было проведено сравнение результатов использования различных методов интерполяции [12–15] для работы с данными в нижнем слое тропосферы от подстилающей поверхности до высоты 2 км и показано, что точность расчетов его параметров зависит от выбора метода интерполяции, и наилучшие результаты получены с использованием метода сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы [14, 15].

Известно [16], что по характеру взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью атмосферу делят на пограничный слой и свободную атмосферу. Высота пограничного слоя может

изменяться от нескольких сотен метров до 1–1,5 км в зависимости от региона, стратификации слоя атмосферы. Для прикладных работ обычно необходимы аэрологические данные в нижнем слое тропосферы до 1–1,5 км с некоторым «резервом по высоте», поэтому ниже результаты расчетов приведены для слоя тропосферы от подстилающей поверхности до высоты 2 км. Под стандартными высотами в рамках нижнего двухкилометрового слоя тропосферы понимаются высоты 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,2 и далее через 0,1 км до 2 км над уровнем подстилающей поверхности.

Данная статья является продолжением работ [8, 17] по изучению параметров атмосферы над Арктикой РФ (АРФ) по результатам радиозондирования атмосферы. Предметом изучения в ней является нижний двухкилометровый слой тропосферы над АРФ. Рассмотрена задача о пространственно-временных особенностях статистической структуры скорости ветра (S), ее зональной (U) и меридиональной (V) составляющих в изучаемом слое тропосферы за период 1964–2016 гг.

Получены количественные оценки многолетних средних значений и среднеквадратических отклонений, разницы их значений для срока 12 и 0 ч ВСВ (в статье используется Всемирное скоординированное время) для скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих для месяцев, сезонов и за год в целом на стандартных высотах в слое тропосферы 0–2 км над уровнем земли, определены диапазоны изменения перечисленных характеристик в данном слое, проведен анализ региональных особенностей их распределения с высотой для Арктики РФ.

2. Данные

Расчеты выполнены на основе данных аэрологического массива KAPDC (CARDS: Comprehensive Aerological Reference Data Set) [11], пополненного текущими данными из массивов АЭРОСТАБ [6] и АЭРОСТАС [9]. Исходные данные прошли процедуру комплексного контроля качества [7, 10], были проверены на наличие и полноту. В результате анализа были отобраны действующие аэрологические станции с наиболее полными временными рядами за период наблюдений 1964–2016 гг., расположенные в разных

широгах и климатических районах Арктики РФ [8]: Североевропейском (СЕР), Западно-Сибирском (ЗСР) и Восточно-Сибирском (ВСР) (см. табл. 1). Представлены станции как прибрежные, так и континентальные; в основном, в окрестностях станций расположены действующие порты и/или аэропорты.

Таблица 1

Диапазоны изменения параметров зондирования: числа уровней зондирования, N , разрешения зондирования, Rez , км, в нижнем слое тропосферы 2,6 км для российских арктических аэрологических станций, использованных при исследовании. $T_{лок}$ – местное время (МВ), ч для 0 ч ВСВ. Период наблюдений – 1964–2016 гг.

Индекс	Название станции	Широта, ° с. ш.	Долгота, ° в. д.	$T_{лок}$, ч МВ	Параметры зондирования	
					N	Rez , км
Североевропейский район Арктики РФ						
22113	Мурманск	68,98	33,12	02	7,2–7,6	0,44–0,47
22217	Кандалакша	67,15	32,35	02	8,0–8,5	0,42–0,46
22271	Шойна	67,88	44,13	03	7,8–8,4	0,45–0,48
23205	Нарьян-Мар	67,63	53,03	04	7,5–8,0	0,42–0,46
Западно-Сибирский район Арктики РФ						
23330	Салехард	66,53	66,67	04	7,7–8,9	0,36–0,43
20674	О. Диксон	73,58	80,40	05	7,7–8,3	0,44–0,49
23078	Норильск	69,32	88,22	06	7,4–9,0	0,34–0,43
Восточно-Сибирский район Арктики РФ						
24125	Оленек	68,50	112,43	07	7,4–9,0	0,37–0,49
21824	Тикси	71,58	128,92	09	8,2–9,0	0,39–0,43
24343	Жиганск	66,77	123,40	08	7,3–8,6	0,42–0,52
24266	Верхоянск	67,47	133,40	09	7,0–9,0	0,38–0,53

Примечание. Для станции Норильск период наблюдений 1978–2016 гг.

Данные стандартного радиозондирования атмосферы содержат наблюдения метеовеличин на стандартных изобарических поверхностях и на уровнях особых точек вертикальных профилей температуры, влажности и ветра, включая уровень земли, уровень тропопаузы и уровень максимального ветра. В аэрологических телеграммах содержится достаточно наблюдений в пределах нижнего двухкилометрового слоя тропосферы, которые могут

быть использованы для оценки его параметров [3, 7]. Главным образом это измерения на уровнях особых точек профилей температуры и ветра [8]. Диапазоны изменения числа уровней и разрешения зондирования в слое 0–2,6 км для исследуемых станций приведены в табл. 1. Согласно ее данным, внутри этого слоя имеется 7–9 уровней наблюдения, разрешение между ними составляет 0,3–0,5 км.

На рис. 1 показана структура внутригодовых изменений многолетних средних и среднеквадратических отклонений этих параметров зондирования. Рис. 1 показывает, что для представленных станций максимальные многолетние средние значения и среднеквадратические отклонения параметров зондирования в нижнем слое тропосферы приходятся для уровней зондирования на зиму, а для резолюции зондирования – на лето. Их минимальные значения в зависимости от станции видны для уровней зондирования с июня по сентябрь, а для резолюции зондирования – с декабря по февраль.

Перед расчетом статистических характеристик параметров нижнего слоя тропосферы для учета специфики решаемой задачи была проведена специальная обработка данных: по вертикальным профилям радиозондовых измерений были получены значения метеовеличин на приведенных выше стандартных высотах в рамках нижнего слоя тропосферы; проведен дополнительный контроль качества данных, разработанный с акцентом именно на изучаемый слой тропосферы [3, 7].

3. Методы

При работе с данными в нижнем двухкилометровом слое тропосферы в качестве метода интерполяции был использован метод сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы [14, 15]. Согласно [3, 7], применение данного метода обеспечивает для большинства аэрологических метеовеличин наиболее точную интерполяцию, т. е. интерполяцию с наименьшей погрешностью по сравнению с другими ее видами [12–15]. С помощью его применения к радиозондовым измерениям получены данные наблюдений скорости ветра, ее зональной и меридиональной

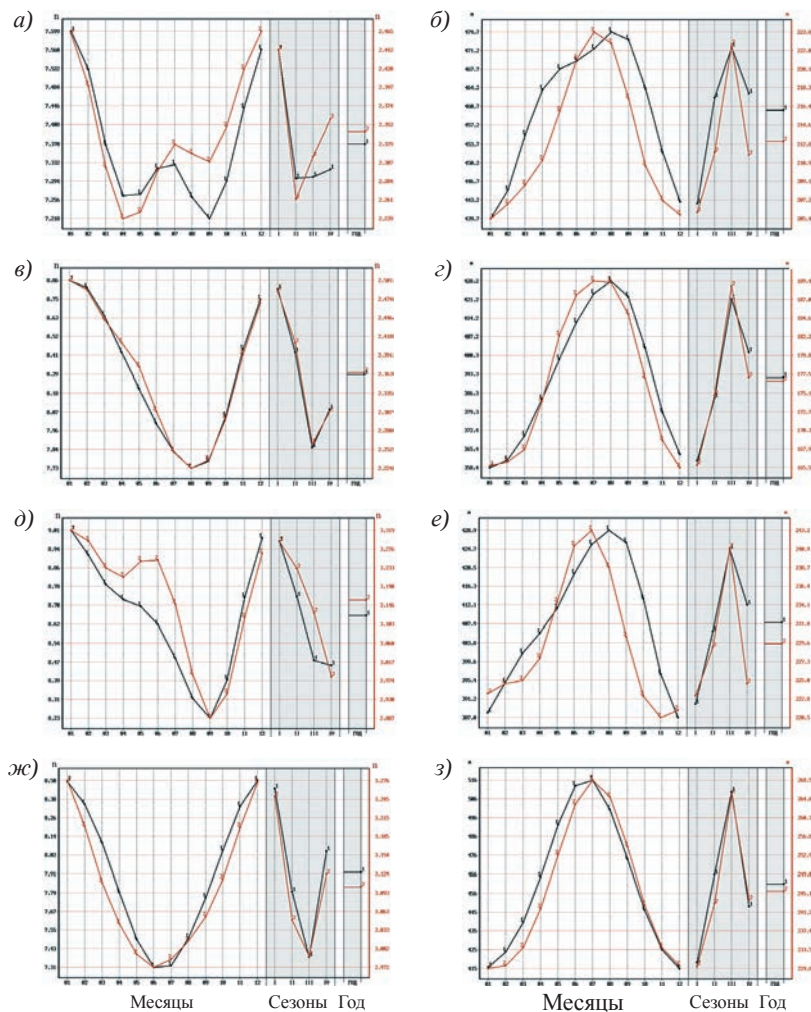


Рис. 1. Многолетние средние значения (черные линии) и среднеквадратические отклонения (красные линии) для параметров зондирования в нижнем слое тропосферы 2,6 км для каждого месяца, сезона (I – декабрь, январь, февраль) и за год, рассчитанные по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. на станциях Мурманск (а, б), Салехард (в, г), Тикси (д, е), Жиганск (ж, з). а, в, д, ж – для числа уровней зондирования; б, г, е, з – для резолуции зондирования.

составляющих на перечисленных выше стандартных высотах в слое от земли до 2 км, необходимые для оценки параметров изучаемого слоя тропосферы.

Анализ результатов радиозондовых наблюдений имеет особенность по сравнению с метеорологическими наблюдениями, так как на многих высотах в атмосфере имеется большое количество пропущенных измерений. Основная причина этого – недостаточная высота подъема баллона радиозонда, а также причины, связанные с технологией производства оболочек зондов и датчиков измерения метеовеличин атмосферы, воздействия на техническое состояние радиозонда реальных температур, влажности и ветра, с текущей технологией радиозондовых наблюдений [7, 8, 11]. В тропосфере, и тем более в ее нижнем двухкилометровом слое, данные наблюдений являются более благополучными, чем в стратосфере, как в отношении обеспеченности, так и относительно возникновения ошибок расчетов по этим данным, связанных с малой высотой подъема баллона радиозонда [7, 17].

Оценки статистических характеристик метеовеличин, определенных по данным радиозондирования, зависят от массива данных, методов его контроля, длины ряда и методов расчета [7, 8, 18]. Статистические характеристики скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих, вычислены с учетом срока наблюдения (00 и 12 ч). Для включения месяца в расчеты требовалось наличие 10 измерений за месяц. Как отмечено выше, за период расчетов были выбраны 1964–2016 годы. Выбор данного периода объясняется тем фактом, что на глобальной аэрологической сети данных наблюдений в конце 1950-х – начале 1960-х гг. недостаточно для климатических исследований [7, 8, 17].

Для анализа пространственно-временных особенностей многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих, разницы их значений для срока 12 и 0 ч в слое 0–2 км выполнены расчеты статистических характеристик по постанционным данным радиозондирования для стандартных высот нижнего двухкилометрового слоя с учетом срока наблюдения для месяцев, сезонов и за год в целом. Затем было проведено двукратное сглаживание среднемесячных

и среднесезонных статистических характеристик по трем точкам, при котором центральной точке присваивался двойной вес, а двум крайним – единичный вес. Использование сглаженных статистических характеристик позволяет наглядно представить особенности распределения скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих, разницы их значений для срока 12 и 0 ч в слое 0–2 км.

На рисунках ниже синими и розовыми отрезками отмечены соответствующие максимальные и минимальные значения.

4. Результаты

4.1. Многолетние средние и среднеквадратические отклонения скорости ветра и разницы их значений для срока 12 и 0 ч

Многолетние средние и среднеквадратические отклонения скорости ветра на высотах в нижнем двухкилометровом слое тропосферы для срока 12 ч и разницы их значений для срока 12 и 0 ч для месяцев, сезонов и за год в целом представлены на рис. 2 и 3 для четырех станций, расположенных в разных климатических районах Арктики РФ: Мурманска (СЕР), Салехарда (ЗСР), Тикси и Жиганска (ВСР). Станции Тикси и Жиганск расположены в одном климатическом районе, но первая из них прибрежная, а вторая – континентальная. Рисунки демонстрируют структуру внутригодовых изменений многолетних средних (рис. 2) и среднеквадратических отклонений (рис. 3) скорости ветра для срока 12 ч (*а, в, д, ж*) и разницы их значений для срока 12 и 0 ч (*б, г, е, з*) на высотах в слое 0–2 км над разными районами Арктики РФ.

Диапазоны изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра в слое тропосферы 0–2 км над станциями в Арктике РФ для срока 12 ч и разниц соответствующих значений для срока 12 и 00 ч с учетом района приведены в табл. 2.

Наибольшие значения многолетних средних скорости ветра в срок 12 ч за год в целом для всех рассматриваемых районов отмечены на высотах в слое 1,2–2 км (рис. 2), а среднеквадратических отклонений – на высотах в слое 0,6–2 км для Мурманска, в слое 1,2–2 км – для Салехарда, в слое 0,8–2 км – для Тикси, а для Жиганска – на высотах в слое 0,3–0,8 км (рис. 3).

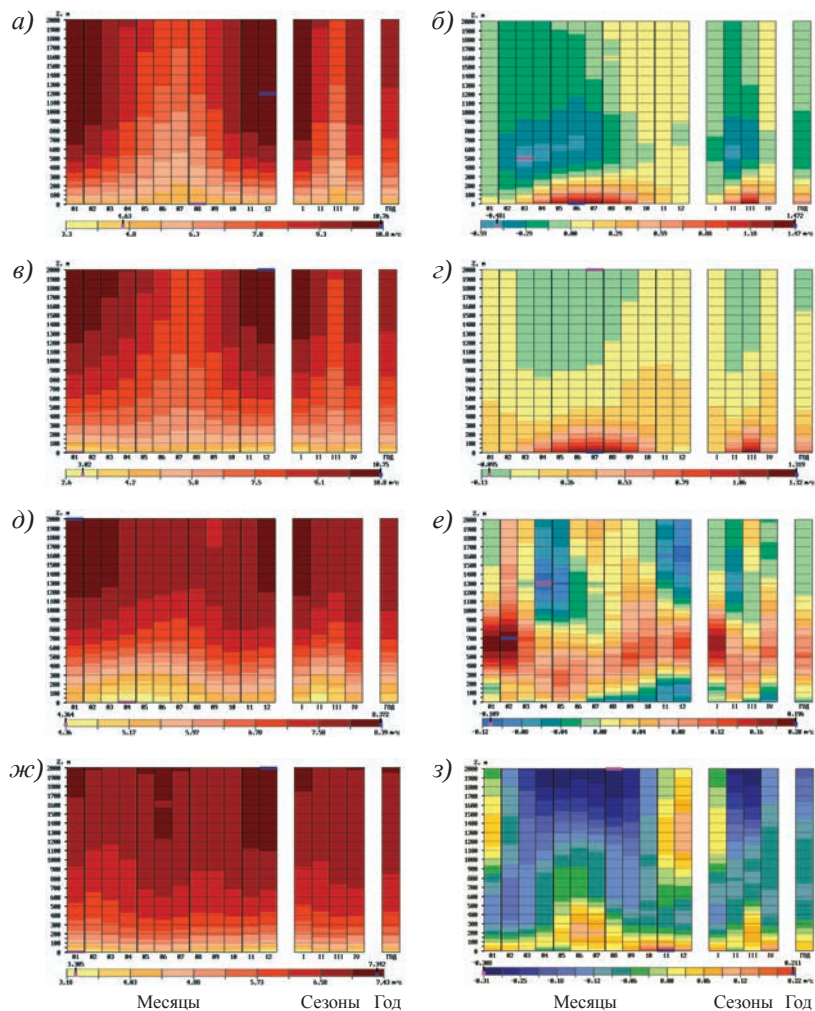


Рис. 2. Многолетние средние скорости ветра S , м/с, в слое тропосферы 0–2 км, для срока 12 ч (а, в, д, ж) и разницы их значений для срока 12 и 0 ч (б, г, е, з) для каждого месяца, сезона (I – декабрь, январь, февраль) и за год, рассчитанные по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. на станциях Мурманск (а, б), Салехард (в, г), Тикси (д, е), Жиганск (ж, з).

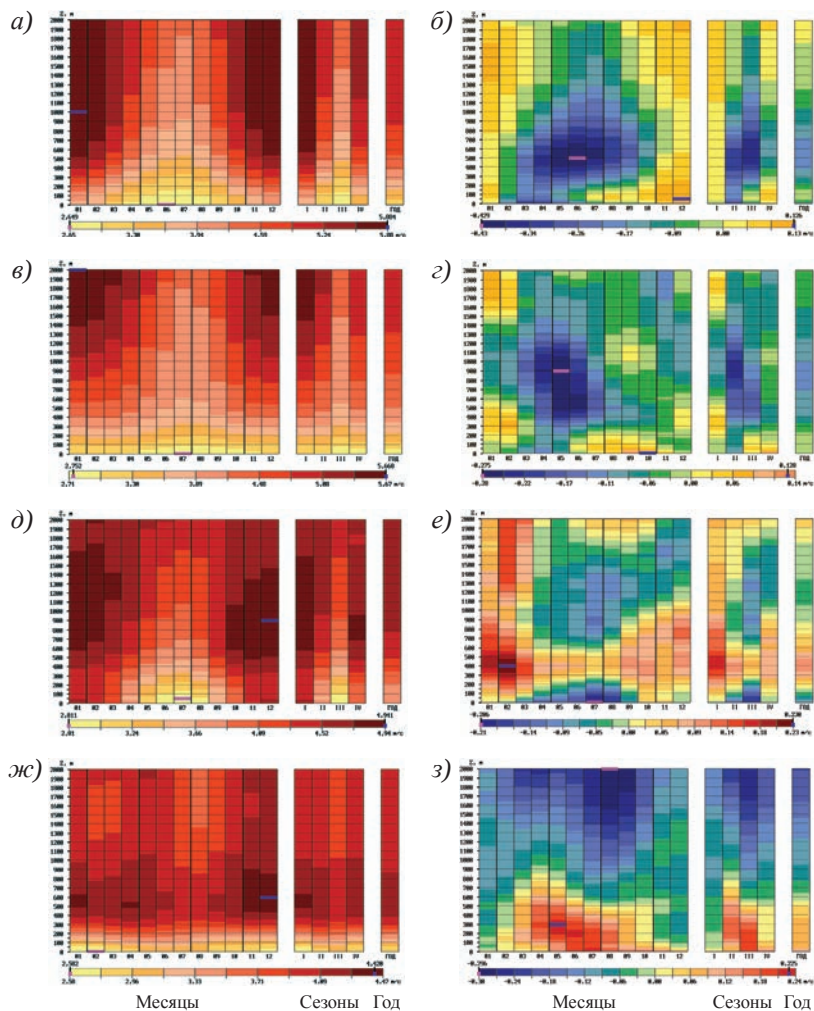


Рис. 3. Среднеквадратические отклонения скорости ветра S , м/с, в слое тропосферы 0–2 км, для срока 12 ч (а, в, д, ж) и разницы их значений для срока 12 и 0 ч (б, г, е, з) для каждого месяца, сезона и за год, рассчитанные по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. на станциях Мурманск (а, б), Салехард (в, г), Тикси (д, е), Жиганск (ж, з).

Т а б л и ц а 2

Диапазоны изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений σ скорости ветра S , м/с, в слое тропосферы 0–2 км для 12 ч и разниц соответствующих значений для срока 12 и 00 ч, ΔS , м/с. Российские станции в разных климатических районах Арктики РФ. 1964–2016 гг.

Индекс станции/ район АРФ	Средние значения S , м/с		σ , м/с		Число наблюдений	
	12 ч	ΔS	12 ч	$\Delta \sigma$	00 ч	12 ч
Североевропейский район Арктики РФ						
Мурманск	4,6–10,8	-0,5–1,5	2,7–5,9	-0,4–0,1	16379	15208
Кандалакша	2,6–10,8	-0,3–1,3	1,6–5,8	-0,5–0,2	13720	14015
Шойна	6,0–10,7	-0,1–0,9	2,8–5,5	-0,3–0,3	12228	13971
Нарьян-Мар	4,6–10,7	-0,3–1,1	2,3–5,5	-0,3–0,1	15935	13635
СЕР	2,6–10,8	-0,5–1,5	1,6–5,9	-0,5–0,3	58262	56829
Западно-Сибирский район Арктики РФ						
Салехард	3,0–10,8	-0,1–1,3	2,8–5,7	-0,3–0,1	15366	14738
О. Диксон	6,3–9,8	-0,2–0,5	3,0–5,4	-0,2–0,1	11463	11877
Норильск	4,8–9,7	-0,2–0,7	2,7–5,4	-0,2–0,1	11025	11084
ЗСР	3,0–10,8	-0,2–1,3	2,7–5,7	-0,3–0,1	37854	37699
Восточно-Сибирский район Арктики РФ						
Оленек	2,4–8,5	-0,5–0,6	2,5–4,8	-0,4–0,1	12927	12777
Тикси	4,4–8,4	-0,1–0,2	2,8–4,9	-0,2–0,2	12296	14191
Жиганск	3,3–7,3	-0,3–0,2	2,6–4,4	-0,3–0,2	13527	11614
Верхоянск	0,6–6,1	-0,2–0,9	0,9–3,6	-0,1–0,5	13742	14581
Оленек	0,6–8,5	-0,5–0,9	0,9–4,9	-0,4–0,5	52492	53163

Для разницы значений многолетних средних скорости ветра для срока 12 и 0 ч за год в целом отрицательные значения определены в слое 0,2–2 км для станций Мурманск и Жиганск, в слое 1,6–2 км – для Салехарда, в слое 1,2–2 км – для Тикси (рис. 2). Для разницы значений многолетних среднеквадратических отклонений для срока 12 и 0 ч за год в целом отрицательные значения определены для Мурманска в слое 0–1,8 км, для Салехарда – в слое 0–2 км, для Тикси – в слоях 0–0,1 км и 0,8–1,7 м, а для Жиганска – в слое 0,5–2 км (рис. 3).

Для изучаемых районов Арктики РФ структура внутригодовых изменений многолетних средних и среднеквадратических

отклонений скорости ветра для срока 12 ч и разницы их значений для срока 12 и 0 ч на высотах в слое 0–2 км имеет особенности.

Рис. 2 и 3 (а, в, д, ж) показывают, что для Мурманска и Салехарда структура внутригодовых изменений многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра на высотах в слое 0–2 км в основном похожи. Для этих станций для срока 12 ч наибольшие значения как средних, так и среднеквадратических отклонений отмечены зимой, но для Мурманска – в слое выше 0,6–0,8 км, а для Салехарда – в слое выше 1,2–1,3 км. Летом для этих станций на всех высотах в слое атмосферы 0,2–2 км как многолетние средние, так и среднеквадратические отклонения скорости ветра меньше, чем в остальные сезоны.

На рис. 2 и 3 (а, в, д, ж) видно, что для срока 12 ч в Восточно-Сибирском районе АРФ для станций Тикси и Жиганска структура внутригодовых изменений многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра и разницы их значений для срока 12 и 0 ч на высотах в слое 0–2 км отличается от их структуры, характерной для станций, расположенных в Североевропейском и Западно-Сибирском районах. Определены следующие различия.

Во-первых, для станций в Североевропейском и Западно-Сибирском районах на всех высотах в слое 0–2 км величина внутригодовых изменений многолетних средних скорости ветра существенно больше, чем в Восточно-Сибирском районе. Например, на уровне земли и на высотах 0,7, 1,0 и 1,9 км она приблизительно составляет для Мурманска 3,3–5,5; 6,3–10,8; 7,1–10,8 и 7,8–10,8 м/с, для Салехарда – 2,6–3,4; 5,8–9,1; 5,8–9,8; 7,5–10,7 м/с, для Тикси – 4,4–5,6; 6,8–7,6; 7,2–8,0; 7,2–8,4 м/с и для Жиганска – 3,2–4,4; 6,2–7,0; 6,6–7,0; 6,2–7,0 м/с соответственно.

Во-вторых, в Восточно-Сибирском районе в срок 12 ч для зимы, весны и осени видно чередование слоев с увеличением среднеквадратических отклонений скорости ветра со слоями их уменьшения; летом это утверждение справедливо только для Жиганска.

В-третьих, для многолетней средней скорости ветра максимальные значения видны (рис. 2) для Мурманска и Салехарда в

срок 12 ч в декабре, но для Мурманска на высоте 1,2 км, а для Салехарда на высоте 2 км. Для Тикси и Жиганска они отмечены на высоте 2 км, но для Тикси – в январе, а для Жиганска – в декабре.

В-четвертых, для среднеквадратических отклонений скорости ветра в срок 12 ч максимальные значения для Мурманска и Салехарда видны (рис. 3) в январе на высотах 1 и 2 км соответственно; для Тикси и Жиганска они определены в декабре, но для Тикси на высоте 1,1 км, а для Жиганска – на высоте 0,6 м.

В-пятых, максимальные значения разницы значений многолетних средних скорости ветра для срока 12 и 0 ч определены для Мурманска и Салехарда на уровне земли в летние месяцы, в июне и июле соответственно, а для Тикси и Жиганска – в холодные месяцы, для Тикси – в феврале на высоте 0,7 км и для Жиганска – в ноябре на уровне земли. Различие максимальных значений разницы значений многолетних средних скорости ветра для срока 12 и 0 ч существенно и по величине (табл. 2): для Мурманска и Салехарда они составляют 1,5 и 1,3 м/с, а для Тикси и Жиганска – 0,2 м/с, т.е. почти в семь раз меньше.

В-шестых, видны различия в распределении по высоте разницы значений многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра для срока 12 и 0 ч для станций в Североевропейском и Западно-Сибирском районах и в Восточно-Сибирском районе. Например, для Мурманска и Салехарда в слое 0–0,2 км с апреля по август значения многолетних средних скорости ветра для срока 12 ч существенно больше, чем для срока 0 ч (рис. 2б, 2г), при этом значения многолетних среднеквадратических отклонений (рис. 3б, 3г) в этом слое с марта по июнь существенно меньше, чем для срока 0 ч, а с июля по октябрь – больше, но во всем вышележащем слое 0,2–2 км в период с апреля по август сохраняются отрицательные значения разницы многолетних среднеквадратических отклонений для срока 12 и 0 ч с максимальными по модулю значениями на высотах 0,4–0,9 км. Для Тикси в слое 0–0,2 км с апреля по июнь значения многолетних средних скорости ветра для срока 12 ч больше, чем для срока 0 ч, а в июле и августе – наоборот,

меньше (рис. 2е), для Жиганска в слое 0–0,2 км значения многолетних средних скорости ветра для срока 12 ч существенно больше, чем для срока 0 ч с августа по декабрь, а с апреля по август их разница мала (рис. 2з). При этом в слое 0–0,2 км с апреля по август значения многолетних среднеквадратических отклонений (рис. 3б) для Тикси для срока 12 ч меньше, чем в 0 ч (как для Мурманска и Салехарда), а в слое 0,2–2 км слои с положительными разностями значений многолетних среднеквадратических отклонений для срока 12 и 0 ч разделяются слоем с их отрицательными значениями. Для Жиганска с апреля по август высота слоя с положительными разностями значений многолетних среднеквадратических отклонений для срока 12 и 0 ч (рис. 3з) видна в большем слое: 0–0,5 км – для весенних и 0–0,8 км – для летних месяцев. Выше, во всем слое до 2 км значения многолетних среднеквадратических отклонений для срока 12 ч меньше, чем для срока 0 ч, причем они убывают с высотой.

Согласно данным табл. 2, для АРФ диапазон изменения среднемесячных значений скорости ветра в срок 12 ч составляет 0,6–10,8 м/с, для среднеквадратических отклонений – 0,9–5,9 м/с, диапазоны изменения разниц значений для срока 12 и 00 ч для среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений составляют -0,5–1,5 м/с и -0,5–0,5 м/с соответственно.

Среди районов АРФ наибольшие диапазоны изменений среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра в срок 12 ч видны для Североевропейского района: они изменяются в пределах 2,6–10,8 и 1,6–5,9 м/с. Наибольшие диапазоны изменений разниц значений для срока 12 и 00 ч для среднемесячных значений определены для Североевропейского района (-0,5–1,5 м/с) и среднеквадратических отклонений – для Восточно-Сибирского района (-0,4–0,5 м/с)

Из данных табл. 2 следует, что максимальные значения как для средних, так и среднеквадратических отклонений в срок 12 ч постепенно уменьшаются в восточном направлении: для среднемесячных значений в Североевропейском районе АРФ они составляют 10,7 и 10,8 м/с, в Западно-Сибирском районе они изменяются – от 9,7 до 10,8 м/с и в Восточно-Сибирском

районе – от 6,1 до 8,5 м/с. Для среднеквадратических отклонений эта тенденция выражена слабее: в ее Североевропейском районе они изменяются от 5,5 до 5,9 м/с, в Западно-Сибирском районе – от 5,4 до 5,7 м/с, и в Восточно-Сибирском районе – от 3,6 до 4,9 м/с.

Возможны несколько причин объяснения этого. Во-первых, согласно табл. 1, сдвиг локального времени по отношению к сроку 00 ч ВСВ: для станций в Североевропейском районе сдвиг составляет 2–4 часа, т.е. наблюдения проводятся ночью и днем, для станций в Восточно-Сибирском районе сдвиг составляет 7–9 часов, т.е. наблюдения проводятся утром и вечером. На рис. 2 и 3 (б, г, е, з) хорошо видны различия в распределении по высоте разницы значений многолетних средних и среднеквадратических отклонений скорости ветра для срока 12 и 0 ч для станций в Североевропейском и Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском районах. Во-вторых, особенности вертикальной структуры и годового хода многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра на высотах в слое 0–2 км над станциями в разных климатических районах АРФ, отмеченные выше (рис. 2 и 3, а, в, д, ж).

Анализ минимальных значений многолетних среднемесячных значений скорости ветра в срок 12 ч показал, что в каждом из районов АРФ их наибольшие значения отмечены для прибрежных станций (табл. 2). В ее Североевропейском районе для станции Шойна оно равно 6,0 м/с, в Западно-Сибирском районе для станции о. Диксон и в Восточно-Сибирском районе для станции Тикси они равны 6,3 и 4,4 м/с соответственно. Следовательно, для этих станций величина изменений среднемесячных значений скорости ветра минимальна: для станции Шойна она составляет 4,7 м/с, для станций о. Диксон и Тикси она равна 3,5 и 4,0 м/с соответственно. Для других станций в Североевропейском, Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском районах Арктики РФ в срок 12 ч минимальные многолетние среднемесячные значения изменяются от 2,6 до 4,6 м/с, от 3,0 до 4,8 м/с и от 0,6 до 3,3 м/с, а величина изменений составляет 6,1–8,2 м/с; 4,9–7,8 м/с; 4,0–6,1 м/с соответственно.

4.2. Многолетние средние и среднеквадратические отклонения зональной и меридиональной составляющих скорости ветра и разницы их значений для срока 12 и 0 ч

В табл. 3 и 4 приведены диапазоны изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в слое тропосферы 0–2 км над станциями в разных климатических районах АРФ для срока 12 ч и соответствующих разниц значений для срока 12 и 00 ч.

Таблица 3

Диапазоны изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений σ зональной составляющей скорости ветра U , м/с, в слое атмосферы 0–2 км для 12 ч и соответствующих разниц Δ значений для срока 12 и 00 ч. Российские станции в разных климатических районах Арктики РФ. 1964–2016 гг.

Станция	Средние значения U , м/с		σ , м/с		Число наблюдений	
	12 ч	ΔU	12 ч	$\Delta \sigma$	00 ч	12 ч
Североевропейский район Арктики РФ						
Мурманск	0,3–4,6	-0,4–0,3	3,2–7,9	-0,4–0,8	16379	15208
Кандалакша	-0,5–4,6	-0,4–0,2	1,7–7,7	-0,4–0,8	13720	14015
Шойна	0,4–4,4	-0,1–1,2	4,5–7,7	-0,1–0,5	12228	13971
Нарьян-Мар	0,5–5,2	-0,1–0,5	3,5–7,7	-0,4–0,8	15935	13635
СЕР	-0,5–5,2	-0,4–1,2	1,7–7,9	-0,4–0,8	58262	56829
Западно-Сибирский район Арктики РФ						
Салехард	0,0–5,5	-0,1–0,4	2,9–7,3	-0,2–0,9	15366	14738
О. Диксон	-0,6–2,3	-0,0–0,7	3,8–7,7	-0,3–0,4	11463	11877
Норильск	-2,3–3,8	-0,1–0,8	3,8–6,9	-0,1–0,2	11025	11084
ЗСР	-2,3–5,5	-0,1–0,8	2,9–7,7	-0,1–0,9	37854	37699
Восточно-Сибирский район Арктики РФ						
Оленек	-0,5–3,2	-0,3–0,3	2,6–6,4	-0,4–0,3	12927	12777
Тикси	-0,4–3,0	-0,7–0,4	3,9–7,4	-0,2–0,3	12296	14191
Жиганск	-0,3–2,1	0,0–0,5	1,5–5,2	-0,2–0,2	13527	11614
Верхоянск	-0,7–2,1	-0,8–0,4	0,7–4,7	-0,1–0,6	13742	14581
ВСР	-0,7–3,2	-0,8–0,5	0,7–7,4	-0,4–0,6	52492	53163

Таблица 4

Диапазоны изменений многолетних среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений σ меридиональной составляющей скорости ветра V , м/с, в слое атмосферы 0–2 км для 12 ч и соответствующих разниц Δ значений для срока 12 и 00 ч. Российские станции в разных климатических районах Арктики РФ. 1964–2016 гг.

Станция/ район АРФ	Средние значения V , м/с		σ , м/с		Число наблюдений	
	12 ч	ΔV	12 ч	$\Delta \sigma$	00 ч	12 ч
Североевропейский район Арктики РФ						
Мурманск	-1,0–2,4	-0,8–0,9	4,1–8,1	-0,4–0,7	16379	15208
Кандалакша	-0,3–0,7	-0,0–1,5	2,9–8,3	-0,3–1,0	13720	14015
Шойна	-1,1–2,5	-0,2–0,5	4,5–8,2	-0,1–0,7	12228	13971
Нарьян-Мар	-1,5–2,5	-0,9–0,7	3,5–7,8	-0,5–0,7	15935	13635
СЕР	-1,5–2,5	-0,9–1,5	2,9–8,3	-0,5–1,0	58262	56829
Западно-Сибирский район Арктики РФ						
Салехард	-1,9–0,5	-0,2–0,4	3,0–8,0	-0,2–0,7	15366	14738
О. Диксон	-1,5–3,8	-0,5–0,3	5,2–7,6	-0,2–0,2	11463	11877
Норильск	-0,6–4,4	-0,9–0,2	3,6–7,5	-0,4–0,7	11025	11084
ЗСР	-1,9–4,4	-0,9–0,4	3,0–8,0	-0,4–0,7	37854	37699
Восточно-Сибирский район Арктики РФ						
Оленек	-0,9–0,2	-0,4–0,2	2,3–6,6	-0,4–0,5	12927	12777
Тикси	-1,0–2,8	-0,3–0,0	3,5–6,1	-0,2–0,2	12296	14191
Жиганск	-1,5–2,2	-0,5–0,3	3,7–6,9	-0,6–0,2	13527	11614
Верхоянск	-1,2–1,2	-0,9–0,0	0,7–5,2	-0,2–0,6	13742	14581
ВСР	-1,5–2,8	-0,9–0,3	0,7–6,9	-0,6–0,6	52492	53163

Согласно данным табл. 3, для Арктики РФ диапазон изменения среднемесячных значений зональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч составляет -2,3–5,5 м/с, для среднеквадратических отклонений – 0,7–7,9 м/с, диапазон изменения разниц значений для срока 12 и 00 ч для среднемесячных значений составляет -0,8–1,2 м/с, для среднеквадратических отклонений он меньше -0,4–0,9 м/с.

Среди климатических районов Арктики РФ наибольший диапазон изменений среднемесячных значений зональной

составляющей скорости ветра в срок 12 ч определен для Западно-Сибирского района, для него он составляет $-2,3-5,5$ м/с, а для Североевропейского и Восточно-Сибирского района – $-0,5-5,2$ и $-0,7-3,2$ м/с соответственно. Наибольший диапазон изменений для среднеквадратических отклонений зональной составляющей скорости ветра определен для Восточно-Сибирского района, для которого он составляет $0,7-7,4$ м/с, при этом для Североевропейского и Западно-Сибирского районов диапазоны изменений составляют $1,7-7,9$ и $2,9-7,7$ м/с соответственно. Наибольшие диапазоны изменений разниц значений для срока 12 и 00 ч как для среднемесячных значений ($-0,4-1,2$ м/с), так и среднеквадратических отклонений ($-0,4-0,8$ м/с) зональной составляющей скорости ветра определены для Североевропейского района.

Максимальные значения как для средних, так и среднеквадратических отклонений зональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч (табл. 3) постепенно уменьшаются в восточном направлении. Действительно, для среднемесячных значений в Североевропейском районе Арктики РФ они изменяются от 4,4 до 5,2 м/с, в Западно-Сибирском районе – от 2,3 до 5,5 м/с и в Восточно-Сибирском районе – от 2,1 до 3,2 м/с. Для среднеквадратических отклонений эта тенденция выражена слабее: в ее Североевропейском районе они изменяются и составляют 7,7 и 7,9 м/с, в Западно-Сибирском районе – от 6,9 до 7,7 м/с, в Восточно-Сибирском районе – от 4,7 до 7,4 м/с.

Анализ данных табл. 4 показал, что для АРФ диапазон изменения среднемесячных значений меридиональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч составляет $-1,9-4,4$ м/с, для среднеквадратических отклонений – $0,7-8,3$ м/с, диапазон изменения разниц значений для срока 12 и 00 ч для среднемесячных значений составляет $-0,9-1,5$ м/с, для среднеквадратических отклонений он немного меньше $-0,6-1,0$ м/с.

Среди изучаемых районов АРФ наибольший диапазон изменений среднемесячных значений меридиональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч определен для Западно-Сибирского района ($-1,9-4,4$ м/с), для Североевропейского и Восточно-Сибирского районов диапазоны изменений составляют $-1,5-2,5$ и

-1,5–2,8 м/с. Наибольший диапазон изменений для среднеквадратических отклонений меридиональной составляющей скорости ветра определен для Восточно-Сибирского района – 0,7–6,9 м/с, для Североевропейского и Западно-Сибирского районов диапазоны изменений составляют 2,9–8,3 и 3,0–8,0 м/с соответственно. Наибольшие диапазоны изменений разниц значений для срока 12 и 00 ч как для среднемесячных значений (-0,9–1,5 м/с), так и среднеквадратических отклонений (-0,5–1,0 м/с) меридиональной составляющей скорости ветра определены для Североевропейского района, как и для зональной составляющей скорости ветра.

Максимальные значения для среднеквадратических отклонений меридиональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч (табл. 4) постепенно уменьшаются в восточном направлении. Действительно, в ее Североевропейском районе они изменяются от 7,8 до 8,3 м/с, в Западно-Сибирском районе – от 7,5 до 8,0 м/с, в Восточно-Сибирском районе – от 5,2 до 6,9 м/с. Для среднемесячных значений меридиональной составляющей скорости ветра, в отличие от среднемесячных значений зональной составляющей, эта тенденция не определена: в Североевропейском районе Арктики РФ они изменяются от 0,7 до 2,5 м/с, в Западно-Сибирском районе – от 0,5 до 4,4 м/с в Восточно-Сибирском – от 0,2 до 2,8 м/с.

Многолетние средние и среднеквадратические отклонения зональной и меридиональной составляющих скорости ветра на высотах в нижнем двухкилометровом слое тропосферы для срока 12 ч для месяцев, сезонов и за год в целом представлены на рис. 4 и 5 для рассмотренных выше четырех станций: Мурманск, Салехард, Тикси и Жиганск. Они демонстрируют особенности внутригодовой изменчивости многолетних средних и среднеквадратических отклонений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра на высотах в слое 0–2 км, высоты и месяцы с максимальными и минимальными их значениями над разными климатическими районами Арктики РФ.

Рис. 4 показывает, что наибольшие значения зональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч за год в целом определены для Мурманска на высотах 1,1–2 км, Салехарда – 1,4–2 км,

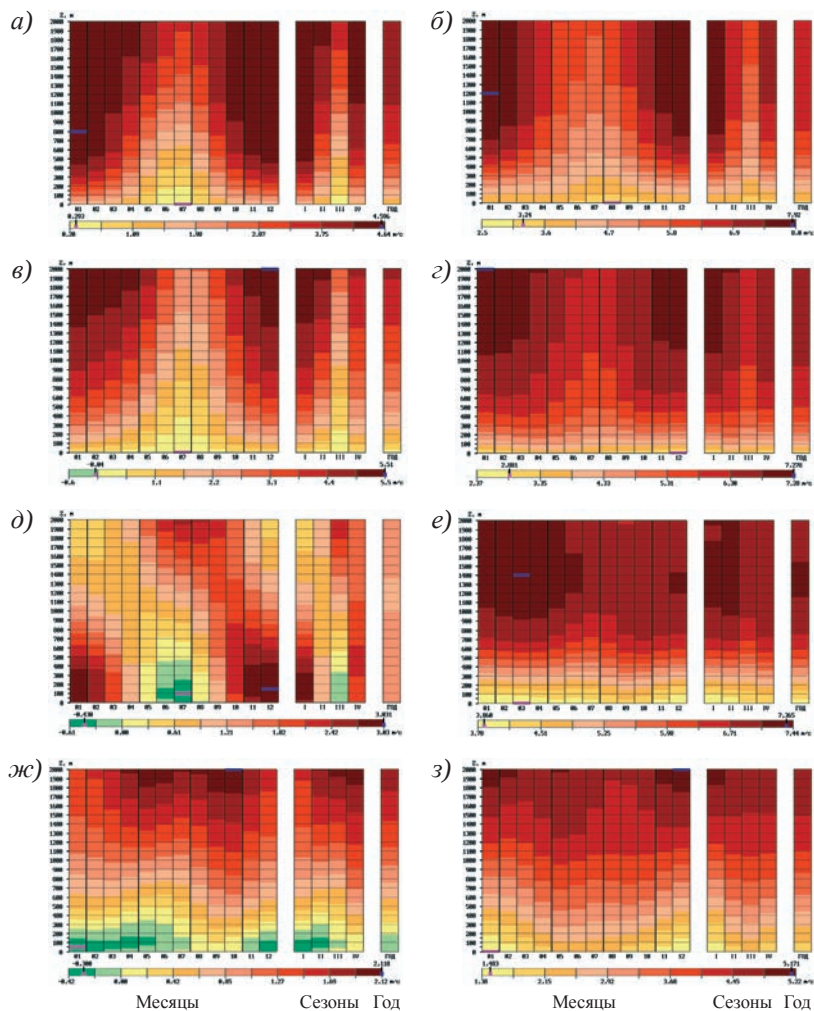


Рис. 4. Многолетние средние (а, в, д, ж) зональной составляющей скорости ветра U , м/с, и ее среднеквадратические отклонения (б, г, е, з) в слое тропосферы 0–2 км для срока 12 ч для каждого месяца, сезона и за год, рассчитанные по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. на станциях Мурманск (а, б), Салехард (в, г), Тикси (д, е), Жиганск (ж, з).

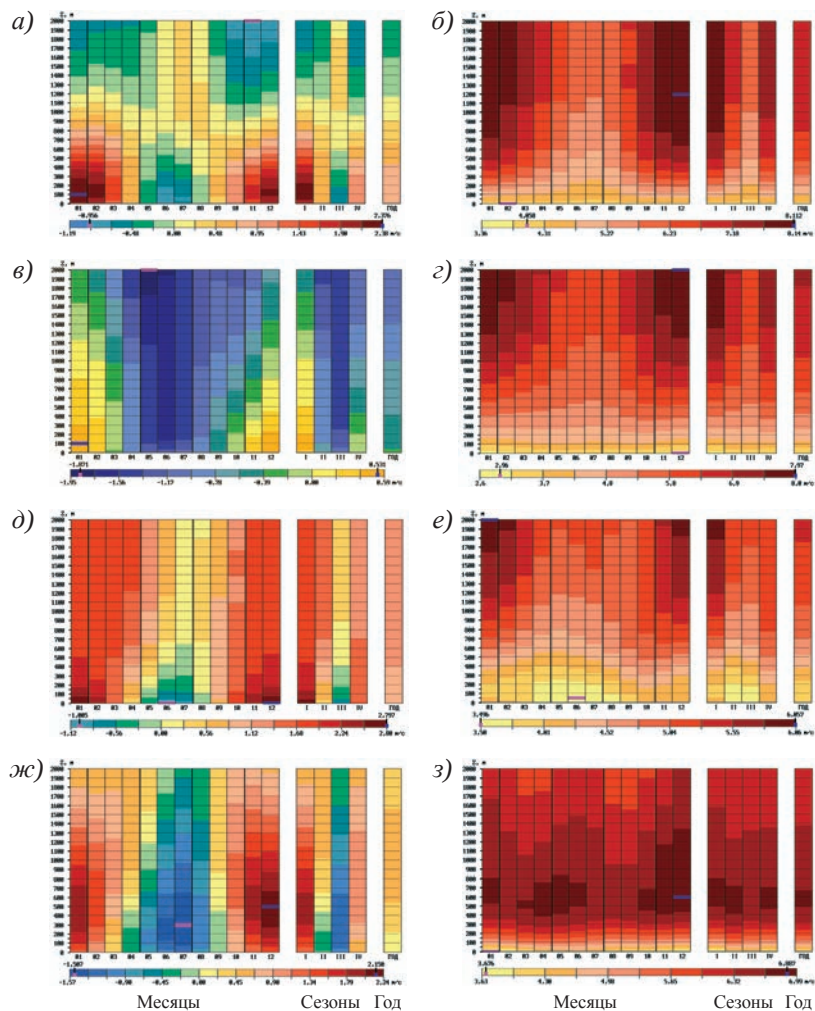


Рис. 5. Многолетние средние (а, в, д, ж) меридиональной составляющей скорости ветра V , м/с, и ее среднеквадратические отклонения (б, г, е, з) в слое тропосферы 0–2 км для срока 12 ч для каждого месяца, сезона и за год, рассчитанные по данным радиозондирования за 1964–2016 гг. на станциях Мурманск (а, б), Салехард (в, г), Тикси (д, е), Жиганск (ж, з).

Тикси – 0–1 и 1,4–2 км и для Жиганска – 1,8–2 км; для среднеквадратических отклонений – на высотах 0,8–2, 0,9–2, 1,2–2, 1,4–2 км для Мурманска, Салехарда, Тикси и Жиганска соответственно. Таким образом, в восточном направлении наибольшие значения среднеквадратических отклонений зональной составляющей скорости ветра отмечены на больших высотах.

Согласно данным рис. 5 наибольшие значения среднеквадратических отклонений меридиональной составляющей скорости ветра в срок 12 ч за год в целом определен в слое – 0,3–2 км.

5. Заключение

Получены новые данные о пространственно-временных особенностях статистической структуры скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих в нижнем двухкилометровом слое тропосферы над Арктикой РФ для разного временного масштаба осреднения на основе результатов радиозондирования атмосферы за 1964–2016 гг. Определены диапазоны изменения многолетних средних значений и среднеквадратических отклонений для срока 12 ч, разницы их значений для срока 12 и 0 ч для скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих для месяцев, сезонов и за год в целом на стандартных высотах в слое тропосферы 0–2 км над уровнем земли.

Зафиксированы следующие особенности распределения характеристик ветра в нижнем двухкилометровом слое тропосферы над Арктикой РФ.

Во-первых, среди климатических районов АРФ наибольшие диапазоны изменений среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений скорости ветра в срок 12 ч определены для Североевропейского района. Наибольшие диапазоны изменений среднемесячных значений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в срок 12 ч определены для Западно-Сибирского района, а их среднеквадратических отклонений – для Восточно-Сибирского района.

Во-вторых, наибольшие диапазоны изменений разниц значений для срока 12 и 00 ч для среднемесячных значений скорости ветра определены в Североевропейском районе АРФ,

а среднеквадратических отклонений скорости ветра – в ее Восточно-Сибирском районе, для среднемесячных значений и среднеквадратических отклонений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра они определены в Североевропейском районе.

В-третьих, наибольшие значения для многолетних средних скорости ветра для срока 12 ч за год в целом отмечены на высотах 1,3–2 км в Североевропейском и Западно-Сибирском районах и 0,9–2 км – в Восточно-Сибирском районе; для многолетних среднеквадратических отклонений скорости ветра они определены на высотах 0,9–2, 1,2–2 и 0,4–2 км в Североевропейском и Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском районах соответственно. Для зональной составляющей скорости ветра наибольшие значения многолетних средних определены на высотах 1,1–2 и 1,4–2 км в Североевропейском и Западно-Сибирском районах, в Восточно-Сибирском районе для прибрежной станции Тикси – на высотах 0–1 и 1,4–2 км и для континентальной станции Жиганск – 1,8–2 км; для среднеквадратических отклонений они определены на высотах 0,8–2, 0,9–2, 1,2–2 км в Североевропейском, Западно-Сибирском, в Восточно-Сибирском районах соответственно.

Изложенные результаты могут быть полезны при климатических исследованиях, для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкономическом обосновании строительства атомных и тепловых электростанций, для нужд авиации и судоходства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бызова Н.Л., Иванов В.Н., Гаргер Е.К. Турбулентность в пограничном слое атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. 262 с.
2. Соколов Ю.Ю. Архив срочных аэрологических данных в пограничном слое на МЛ ЕС ЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1987. Вып. 140. С. 48–55.
3. 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.
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. *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.
6. *Алдухов О.А., Оржеховская В.А., Садовникова Т.О. и др.* Архив текущей аэрологической информации АЭРОСТАБ. Описание архива. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 28 с.
7. *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.
8. *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.
9. *Руденкова Т.В.* Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
10. *Alduchov 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.
11. *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. Vol. 76. P. 1759–1775.
12. *Гандин Л.С., Казан Р.Л.* Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
13. *Гордин В.А., Локтионова Е.А.* О применении сплайн-аппроксимации к расчету 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. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. 751 с.
17. *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.
18. *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 551.501:004

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ МАССИВ ДАННЫХ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КЛИМАТА И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н. М. Аржанова¹, О. Н. Булыгина², Н. Н. Коршунова³

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

¹ arzhanova.n@inbox.ru, ² bulygina@meteo.ru, ³ nnk@meteo.ru

Введение

Гололедно-изморозевые отложения являются следствием процессов, происходящих в атмосфере, и зависят от метеорологических условий (температуры, ветра, влажности и др.), сложившихся вблизи поверхности земли и в более высоких слоях атмосферы. Гололедно-изморозевые образования при достижении определенных размеров относятся к неблагоприятным и опасным явлениям погоды [1]. Такого рода отложения оказывают большое негативное влияние на различные отрасли экономики, например, на энергетику, железнодорожный и автомобильный транспорт, сельское и лесное хозяйства, и могут нанести колоссальный экономический ущерб. Образование гололедно-изморозевых отложений на различных конструкциях приводит к возникновению дополнительных нагрузок. Это влияние особенно велико, если гололедно-изморозевые образования сопровождаются ветром со значительными скоростями. Последствия обледенения чреваты не только значительными финансовыми потерями, но могут вызвать гибель людей. Наблюдаемые современные изменения климата проявляются в изменениях различных параметров климатической системы, в том числе отражаются и в характеристиках гололедных явлений.

Отсутствие доступных архивов характеристик гололедно-изморозевых явлений по всей территории России являлось одной из причин недостаточной изученности этих явлений.

В настоящее время в Росгидромете активно ведутся работы по созданию климатических баз данных, которые должны составить основу для проведения широкомасштабных работ по изучению климата в соответствии с Климатической доктриной России. Одним из главных требований к создаваемым массивам является их доступность. Другими требованиями являются регулярное обновление данных, наличие метаданных и контроль качества данных. В рамках этих работ во ВНИИГМИ-МЦД был создан специализированный массив характеристик гололедно-изморозевых явлений по данным сети метеорологических станций России. Создание этого массива неотъемлемо связано с выполнением ряда научно-прикладных задач, решение которых позволит в полной мере провести комплексные исследования состояния климата на территории страны.

Общая информация о гололедно-изморозевых явлениях

В России в регламент наблюдений на метеостанциях включены измерения гололедно-изморозевых образований на проводах гололедного станка. Это позволяет определять не только вид и продолжительность отложения льда, но и его вес и размер. Основные результаты исследований гололедно-изморозевых явлений на территории России (бывшего СССР) опубликованы в работах до 90-х годов XX века, большая часть из которых прикладного характера и посвящена изучению и учету гололедных нагрузок [2–6]. Одной из последних работ в области прикладной климатологии является работа [7], в которой описана разработанная автором методика, позволяющая учитывать влияние макро-, мезо- и микро-рельефных условий при расчетах гололедных и ветровых нагрузок на сооружения в малоизученных горных районах Средней Азии. В [8] обобщены существующие методы и подходы к расчету и использованию климатических нагрузок (гололедная, ветровая при гололеде и др.) и обоснована необходимость их учета на этапе проектирования высоковольтных линий электропередач с целью предотвращения или уменьшения ущерба от гололедно-изморозевых отложений. В последнее время повышается интерес к изучению гололедно-изморозевых отложений, поскольку участились случаи выпадения ледяных дождей как в России, так и в других

странах. В качестве примера можно привести случай выпадения переохлажденных осадков, который произошел в январе 1998 года на территории Канады и северо-востоке США [9]. Подобный случай на Европейской территории России, который был зафиксирован в декабре 2010 года, описан в [10, 11]. Условия выпадения переохлажденных осадков, образующих гололед, изучены в [12]. Выполнено много работ, которые посвящены ледяным дождям в Европе [13–18]. Однако в связи с возрастающим в последнее время интересом к гололедно-изморозевым явлениям в условиях современных изменений климата возникает необходимость получения климатических характеристик гололедно-изморозевых отложений и тенденций их изменений на всей территории России с единых позиций.

На метеорологических станциях России производят визуальные и инструментальные наблюдения за обледенением проводов. Визуальные наблюдения позволяют определить без приборов вид и интенсивность обледенения, время появления и исчезновения льда. Инструментальные наблюдения производят с помощью гололедного станка (рис. 1) [19]. Определяются не только вид, интенсивность и продолжительность отложения льда, но и его вес и размер. Наблюдения за гололедно-изморозевыми явлениями осуществляются восемь раз в сутки. При возникновении отложения и до его окончания, осмотр проводов станка должен производиться не только в сроки наблюдений, но и в промежутках между ними, не реже чем через полтора часа.

Гололедно-изморозевые образования делятся на пять видов: гололед, кристаллическая и зернистая изморозь, отложение мокрого снега и замерзшее отложение мокрого снега. Эти образования имеют разную плотность и образуются при разных температурно-влажностных условиях. Гололед образуется обычно при слабых морозах от 0 °C до -3 °C, но нередко встречается и при более сильных морозах. Изморозь делится на зернистую и кристаллическую. Зернистая образуется обычно при температуре воздуха от -2 °C до -7 °C, но бывает и при более низкой. Кристаллическая изморозь образуется при температуре воздуха от -11 °C до -25 °C, но может образоваться как при более высокой, так и при более низкой температуре. Мокрый

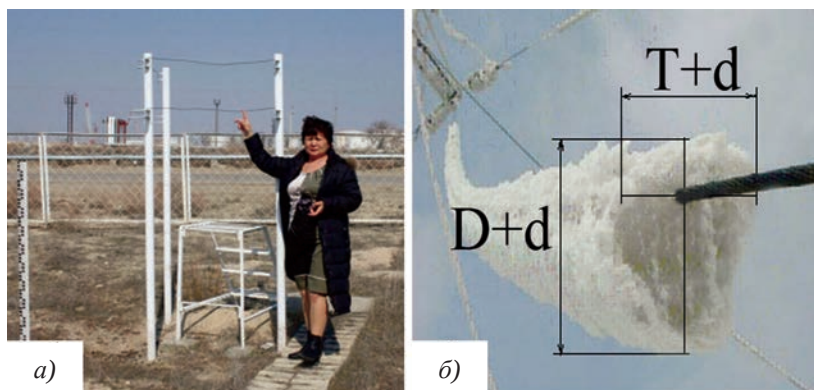


Рис. 1. Инструментальные наблюдения за гололедно-изморозевыми явлениями: а) гололедный станок; б) диаметр (D) и толщина (T) отложения, диаметр проволоки (d)

снег налипает на провода при положительной или близкой к нулю температуре воздуха. После того как мокрый снег замерзает, отложение называется замерзшим отложением мокрого снега.

После определения вида обледенения при последующих осмотрах фиксируют его изменения. Если вид обледенения изменился, то это свидетельствует об образовании сложного отложения. В ходе обледенения различают три стадии: нарастание, сохранение, разрушение. После окончания стадии нарастания измеряют диаметр и толщину на постоянных проводах гололедного станка. Если диаметр гололеда и замерзшего отложения мокрого снега достиг или превысил 5 мм (за вычетом диаметра провода), зернистой изморози и отложения мокрого снега 10 мм, а кристаллической изморози 15 мм, то дополнительно измеряют диаметр и толщину отложения на сменных проводах и определяют вес отложения на том из них, диаметр отложения на котором больше. Вес определяют в соответствии с Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам. Если при очередном осмотре на протяжении стадии сохранения или разрушения отложения вновь начинается нарастание отложения, то после прекращения нового нарастания определяют его вес на том сменном проводе, который был установлен после определения веса первого отложения.

Массив данных «Характеристики гололедно-изморозевых явлений на территории России»

Массив создавался по данным, содержащимся на технических носителях Госфонда Росгидромета. Данные с метеостанций поступают в Госфонд во ВНИИГМИ-МЦД, где они бессрочно хранятся. Перед поступлением в Госфонд осуществляется автоматический контроль качества метеорологических наборов данных [20]. Массив содержит характеристики гололедно-изморозевых явлений по данным инструментальных наблюдений метеорологических станций России с 1984 года по настоящее время. За основу взят перечень станций, составленный на основании Списка станций Росгидромета, включенных в Глобальную сеть наблюдений за климатом (утвержденного Руководителем Росгидромета 25 марта 2004 г.) и Списка реперных метеорологических станций Росгидромета, подготовленного в Главной геофизической Обсерватории им. А. И. Воейкова (исполнитель Зав. ОМРЭИ ГГО В. И. Кондратюк).

Массив содержит информацию по 401 станции РФ, на которых наблюдения производят с помощью гололедного станка (гололедный станок установлен не на всех метеорологических станциях). Каждый файл содержит информацию одной станции. Запись содержит индекс ВМО станции, год, месяц, счетчик случаев обледенения, порядковый номер случая обледенения за месяц, порядковый номер случая обледенения за год, вид обледенения, дату начала, время начала, продолжительность стадии нарастания, продолжительность всего случая обледенения, диаметр, толщину и вес отложения.

При формировании массива осуществлялся контроль данных. Значения определенного на станции веса контролировались путем сравнения с расчетными значениями веса, которые рассчитывались по формуле:

$$P = \gamma \cdot 78 (D \cdot T - d^2) \text{ г/см},$$

где D – диаметр; T – толщина; d – диаметр провода ($d = 0,5$ см); γ – плотность отложения.

Каждому значению веса присваивался признак качества Q . Если вес определялся на станции и соответствовал рассчитанному

значению, то Q равняется 0. Если разница между весом, определенным на станции, и рассчитанным превышала 50 г/см, то Q присваивается значение 1 как сомнительное, значение 2 – если вес на станции не определялся, но был рассчитан по формуле. Согласно [19], если диаметр или толщина отложения при измерении величины на метеостанции окажется меньше диаметра провода, то наблюдатель записывает значение, равное нулю.

При создании архива в случаях нулевых значений диаметра или толщины образования для расчета веса использовано значение диаметра и толщины отложения, равное 0,3 мм. Такие значения веса отложения снабжены признаком качества, равным 2.

В архиве заложена возможность записи информации для пяти видов обледенения и шести стадий нарастания в рамках одного случая гололедно-изморозевого образования. Массив имеет каталог станций, содержащий индекс ВМО, название, географические координаты, высоту метеоплощадки и информацию о гололедном станке.

Массив запатентован, свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016621682.

Массив планируется регулярно (один раз в год) обновлять.

Пример использования специализированного массива данных «Характеристики гололедно-изморозевых явлений на территории России» в исследовательских целях

На основе массива были рассмотрены особенности пространственно-временного распределения средних многолетних значений характеристик гололедно-изморозевых явлений (числа случаев, толщины, диаметра, веса и продолжительности гололеда) для всей территории России [21]. Особое внимание уделялось гололеду, поскольку это явление наиболее опасное для многих отраслей народного хозяйства. Для примера на рис. 2 представлено пространственное распределение средних многолетних значений максимального диаметра и веса гололеда. Отметим, что гололед практически не наблюдается в Восточной Сибири и на значительной территории Дальнего Востока. Это результат влияния на Азиатскую территорию России в зимний период Сибирского

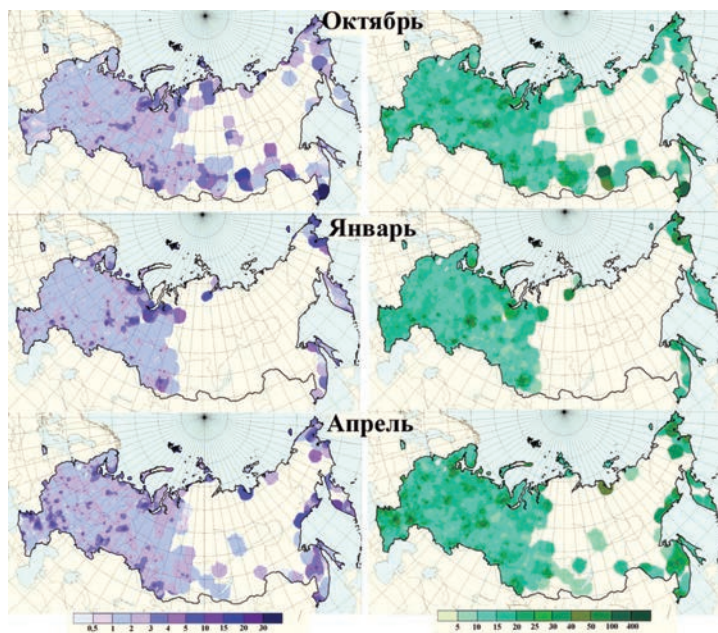


Рис. 2. Распределение средних многолетних значений максимального диаметра (мм) и веса (г/см) гололеда (1984–2015 гг.)

антициклона, для которого характерны низкие температуры и невысокая влажность воздуха. Гололедные явления встречаются с сентября по май на Европейской территории России и в Западной Сибири, а также на дальневосточном юге и востоке Чукотки. Наибольшее среднемноголетнее значение диаметра гололеда отмечается на севере Уральского ФО и на арктическом побережье Чукотки (от 4 до 10 мм). Среднемноголетнее значение максимального веса варьируется от 15 до 30 г/см.

Проанализированы тенденции изменений характеристик гололедно-изморозевых явлений, которые характеризуются коэффициентами линейного тренда, по данным на метеорологических станциях и по средним значениям для 18 квазиоднородных климатических регионов [22–24]. Эти регионы выделены на основании классификации Б.П. Алисова [25] и впервые были использованы в [26].

Тенденции изменения веса гололеда представлены на рис. 3. Коэффициенты линейного тренда представлены только для регионов, где они статистически значимы на 5 %-ном уровне. По данным на метеостанциях осенью, зимой и весной получены как отрицательные, так и положительные значения коэффициентов линейного тренда в рядах веса гололедных образований (рис. 3а). В отдельных регионах были в разные сезоны года получены статистически значимые на 5 %-ном уровне тенденции (рис. 3б). Наиболее важным оказался результат, полученный осенью на арктическом побережье, где наблюдается тенденция увеличения веса гололеда на 3,4%/10 лет. Это может быть вызвано увеличением влажности воздуха за счет наблюдающейся тенденции уменьшения площади арктического льда.

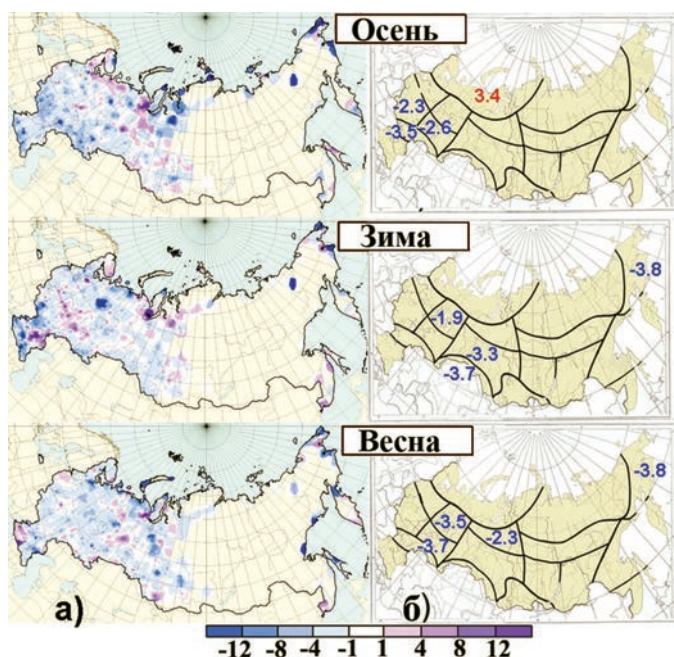


Рис. 3. Коэффициенты линейного тренда в рядах веса гололеда на метеорологических станциях (г см-1/10 лет) (окрашено цветом) и осреднение по квазигомогенным регионам (%/10 лет) (1984–2015 гг.)

Заключение

Гололедно-изморозевые отложения играют важную роль в формировании климата России. Кроме того, они оказывают негативное влияние на работу различных отраслей экономики. Созданный специализированный массив характеристик гололедно-изморозевых отложений позволит не только комплексно исследовать состояние и изменение климата на территории России, но и решать актуальные прикладные задачи, чтобы обеспечить эффективное и безопасное функционирование таких важнейших отраслей, как энергетика, транспорт, связь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *РД 52.04.563-2002*. Инструкция «Критерии опасных метеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения».
2. *Глухов В.Г.* К оценке гололедных нагрузок на высотные сооружения по данным аэрологических наблюдений // Труды ГГО, 1971. Вып. 283. С. 3–11.
3. *Заварина М.В.* К расчету гололедных нагрузок // Труды ГГО, 1970. Вып. 265. С. 21–29.
4. *Захаров А.Г.* Распределение гололедных нагрузок на территории СССР // Труды ГГО, 1984. Вып. 485. С. 87–3.
5. *Заварина М.В., Глухов В.Г.* О приведении данных гололедного станка к рабочим уровням линий электропередачи // Труды ГГО, 1974. Вып. 333. С. 68–71.
6. *Ломилина Л.Е.* Учет влияния рельефа местности при районировании территории по гололедным нагрузкам // Труды ГГО, 1974. Вып. 333. С. 57–60.
7. *Подрезов О.А.* Горная климатология и высотная климатическая зональность Кыргызстана. – Бишкек: КРСУ, 2014. 170 с.
8. *Луговой В.А., Тимашова Л.В., Черешнюк С.В.* Учет климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи // Энергия единой сети. № 3. 2014. С. 30–40.
9. *Jones K. F., Mulherin N. D.* An Evaluation of the Severity of the January 1998 Ice Storm in Northern New England. Report for FEMA Region 1. Hanover, New Hampshire, 1998. 73 p.
10. *Вильфанд Р.М., Голубев А.Д.* Метеорологические условия выпадения ледяных дождей 25–26 декабря 2010 г. над центром европейской части России // Лед и снег. № 4 (115). 2011. С. 119–124.
11. *Голубев А.Д., Кабак А.М., Никольская Н.А.* Ледяной дождь в Москве, Московский области и прилегающих областях центра Европейской территории России 25–26 декабря 2010 года // Труды Гидрометцентра России. 2013. Вып. 348. С. 214–230.
12. *Шакина Н.П., Хоменко И.А., Иванова А.Р., Скриптунова Е.Н.* Образование и прогнозирование замерзающих осадков: обзор литературы и некоторые новые результаты // Труды Гидрометцентра России. 2012. Вып. 348. С. 130–161.

13. *Changnon S.A., Karl T.R.* Temporal and Spatial Variations of Freezing Rain in the Contiguous United States: 1948–2000 // *J. Appl. Meteor.* 2003. Vol. 42, N 9. P. 1302–1315.
14. *Cortinas J. V., Bernstein B. C., Robbins C. C., Strapp J. W.* An Analysis of Freezing Rain, Freezing Drizzle, and Ice Pellets across the United States and Canada: 1976–1990 // *Weather and Forecasting*, 2004. Vol. 19, N 2. P. 377–390.
15. *Cortinas J. V.* A Climatology of Freezing Rain in the Great Lakes Region of North America // *Mon. Weather Rev.* 2000. Vol. 128, N 10. P. 3574–3588.
16. *Jones K.F., Mulherin N.D.* An Evaluation of the Severity of the January 1998 Ice Storm in Northern New England. Report for FEMA Region 1. 1998. Hanover, New Hampshire. 73 p.
17. *Robbins C., Cortinas J.* Local and Synoptic Environments Associated with Freezing Rain in the Contiguous United States // *Weather and Forecasting*. 2002. Vol. 17, N 1. P. 47–65.
18. *Stewart R.E., Theriault J.M., Henson W.* On the Characteristics of and Processes Producing Winter Precipitation Types near 0 °C // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2015. Vol. 96, N 4. P. 623–629.
19. *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам.* Ч. 1. Вып. 3. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 307 с.
20. *Веселов В.М.* Архивы Госфонда на ПЭВМ и технология их организации // *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. 2002. Вып. 170. С. 16–30.
21. *Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.* Гололедно-изморозевые явления на территории России // *Сборник тезисов докладов //Международная школа-конференция молодых ученых. Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы.* Туапсе, 25–29 мая 2015 года. – М.: ГЕОС, 2015. С. 80–81.
22. *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.
23. *Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.* Оценка пространственно-временных изменений характеристик гололедно-изморозевых явлений на территории России // *Тезисы докладов конференции «Состояние и перспективы развития информационных технологий в гидрометеорологии. Информационное обеспечение морской деятельности».* – Обнинск, 2014. С. 89.
24. *Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.* Изменения характеристик гололедно-изморозевых явлений на территории России в последние десятилетия // *Сборник тезисов докладов. Международная конференция молодых ученых. Изменения климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз, адаптация.* Кисловодск, 14–20 сентября 2014 года. – М.: ГЕОС, 2014. С. 44–45.
25. *Алисов Б.П.* Климат СССР. – М.: Московский университет. 1956. 127 с.
26. *Bulygina O. N., Groisman P. Ya., Razuvaev V. N., Korshunova N. N.* Changes in snow cover characteristics over Northern Eurasia since 1966 // *Environ. Res. Lett.* 2011. 6 045204 doi:10.1088/1748-9326/6/4/045204.

УДК 551.465

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

А. А. Воронцов

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

Изменения уровня моря в течение многолетнего периода может служить показательной характеристикой особенностей регионального гидрометеорологического режима, в частности в Арктике, которая представляет особый интерес для многих стран, поскольку в первую очередь влияет на продолжительность навигационного периода по трассе Северного морского пути (СМП).

Под действием целого ряда астрономических, гидрометеорологических и гидродинамических факторов различных временных масштабов уровень моря подвержен значительным периодическим и непериодическим (случайным) колебаниям. Наибольшая изменчивость уровня моря связана с постоянными региональными приливными явлениями, а также случайными стогами и нагонами, которые могут быть весьма значительными. В дополнение к ним следует добавить сезонные, годовые и межгодовые колебания уровня моря.

В последнее время весьма актуальными стали вопросы глобального потепления климата. Естественно, особый интерес вызывают процессы потепления в Арктике, поскольку потепление вызывает таяние арктических льдов и, как следствие, – уменьшение площади ледового щита Арктики. Данные мониторинга показывают, что в последнее время площадь льда уменьшилась в пределах 5–30 млн км² [5, 7], и было зафиксировано крупномасштабное очищение ото льда Восточно-Сибирского и Чукотского морей [6].

Наличие исторических массивов данных наблюдений за уровнем морей России и создание автоматизированной технологии получения режимно-справочных (климатических) характеристик морской среды позволяет проводить исследования многолетних изменений уровня моря.

Для оценки многолетней изменчивости уровня арктических морей ранее [4] были проведены работы по контролю и редактированию исходных данных 16 гидрометеорологических станций (ГМС) за период 1977–2006 гг. (станции Карского моря: Амдерма, Сопочная Карга, Стерлигова, м. Челюскин, о-ва Известий ЦИК, о. Визе, м. Голомянный; ГМС моря Лаптевых: о. Дунай, б. Тикси, о. Котельный, пр. Санникова; ГМС Восточно-Сибирского моря: б. Амбарчик, о. Айон, Певек; ГМС Чукотского моря: о. Врангеля, м. Ванкарем). После контроля и редактирования данных ГМС были проведены расчеты по методике [2]. В результате были получены оценки линейного тренда уровня моря: на всех станциях был зафиксирован положительный тренд от 2 до 23 см [4].

По прошествии 11 лет, поскольку интерес к Арктике растет, было принято решение об обновлении результатов расчетов для сопоставления с предыдущими расчетами, проверки устойчивости изменения уровня моря и получения новых характеристик.

Для анализа межгодовых изменений уровня использовались проконтролированные данные на 27 ГМС за период 1961–2017 гг. (табл. 1). Выбранные для анализа ряды уровенных данных охватывали весь максимально возможный период и не содержали ошибок переустановки измерителей уровня.

По данным отобранных ГМС для каждого месяца многолетнего периода были проведены расчеты средних значений уровня моря, результаты которых показаны в табл. 1.

Оценки среднемноголетнего уровня моря характеризуются довольно высокими значениями в Баренцевом и Белом морях, в западной части Карского моря и на востоке моря Лаптевых. Полученные оценки хорошо согласуются с оценками, приведенными в других работах [1, 9].

Годовой ход уровня на различных станциях имеет достаточно характерный вид (минимум – весной и максимум –осенью).

Многолетние статистические обобщения показывают, что изменчивость уровня моря может значительно меняться от станции к станции, причем при достаточно близких значениях среднемноголетнего уровня, экстремумы могут отличаться весьма значительно. Причина сильных отличий, скорее всего, кроется в различных проявлениях сгонно-нагонных явлений, причем нагоны превосходят сгоны в арктических морях (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

**Среднемесячные уровни моря
за многолетний период, см**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Баренцево море												
Полярное	465	456	452	443	442	447	449	450	456	462	461	465
м. Микулкин	455	430	411	418	439	446	445	447	452	455	454	439
Бугрино	488	484	478	474	483	482	480	483	490	496	498	492
м. Константиновский	474	502	474	467	469	494	474	477	486	486	549	-
Варандей	483	474	490	486	478	466	470	471	481	491	487	520
Малые Кармакулы	474	466	468	460	465	471	463	461	466	471	471	476
Белое море												
Умба	443	438	433	433	436	442	444	445	448	449	447	447
Соловки	415	406	403	403	405	408	409	412	418	421	420	420
Онега	408	398	392	413	448	413	397	399	405	414	414	419
Жижгин	313	319	310	327	321	330	302	320	317	319	319	324
Абрамовский маяк	-	-	-	-	-	481	488	494	559	493	482	-
Карское море												
Амдерма	453	440	428	423	426	436	441	445	450	456	453	453
им. Федорова	412	439	401	392	407	400	420	410	430	436	416	414
м. Голомянный	154	150	142	140	142	150	151	149	150	151	152	156
о-ва Известий ЦИК	162	155	146	142	143	152	157	159	163	165	165	167
м. Стерлегова	105	97	88	84	86	96	103	96	99	104	108	111
о. Диксон (бухта)	129	108	108	112	108	127	128	125	123	128	131	105
Море Лаптевых												
о. Дунай	280	279	278	277	281	290	294	294	300	292	287	285
о. Котельный	416	413	406	407	410	424	420	422	426	423	422	422
пр. Санникова	408	409	401	400	403	422	418	418	423	419	414	413
м. Кигилях	434	431	425	424	422	442	442	440	446	441	437	438
Анабар	435	433	428	432	436	493	462	461	465	454	448	442
Восточно-Сибирское море												
Рау-чуа	323	320	313	313	317	337	351	357	358	339	320	317
б. Амбарчик	280	275	276	278	281	339	363	361	363	327	297	290
Певек	310	309	298	297	278	308	319	321	325	320	297	311
Чукотское море												
м. Ванкарем	336	335	326	325	322	341	352	360	363	361	340	336
о. Врангеля	102	98	92	91	96	111	115	121	121	114	111	108

Таблица 2

**Характеристики уровня моря
в районе исследований**

Название ГМС	Среднее, см	Максимум, см	Минимум, см	Размах, см
Баренцево море				
Полярное	454	715	190	525
м. Микулкин	441	720	189	531
Бугрино	486	663	371	292
м. Константиновский	487	644	279	365
Варандей	483	728	315	413
Малые Кармакулы	467	552	382	170
Белое море				
Умба	442	605	307	298
Соловки	412	635	384	251
Онега	410	761	304	457
Жижгин	418	571	347	224
Абрамовский маяк	500	910	50	860
Карское море				
Амдерма	442	574	361	213
Е. К. Федорова (м. Болван. Нос)	415	563	380	183
м. Голомянный	1489	218	91	127
о-ва Известий ЦИК	156	249	81	168
м. Стерлегова	98	233	1	232
Море Лаптевых				
о. Дунай	286	489	153	336
о. Котельный	418	598	347	251
пр. Санникова	412	555	360	195
м. Кигилях	435	607	327	280
Анабар	449	688	302	386
Восточно-Сибирское море				
Рау-чуа	330	588	328	260
б. Амбарчик	311	596	322	274
Певек	308	570	259	311
Чукотское море				
м. Ванкарем	341	560	254	306
о. Врангеля	107	225	13	212

В качестве характеристики многолетнего изменения уровня арктических морей выбрана оценка временного тренда. Характерной чертой уровня режима в Арктике является наличие положительного тренда [3], причем, значительное повышение уровня моря отмечается с середины 80-х гг. XX столетия. Если в период 1950–1985 гг. в Карском море отмечались положительные тренды порядка 0,06–0,16 см/10 лет, то в последние десятилетия в 1985–2015 гг. значения трендов увеличились до 0,7–7,2 см/10 лет, за исключением северо-восточной части моря, где тренды оцениваются в 0,03–0,07 см/10 лет.

Проведенные расчеты линейных трендов за последние десятилетия показали в целом сохранение тенденций изменения уровня арктических морей (табл. 3).

Таблица 3

**Характеристики изменения уровня моря
по району исследований**

Станция	Начало периода	Конец периода	Коэффициент линейного тренда	Длина ряда, лет
Баренцево море				
Полярное	1977	2017	0,43	41
м. Микулкин	1987	2017	0,32	31
Бугрино	1984	2017	0,05	34
м. Константиновский	1984	2017	0,25	34
Варандей	1984	2017	0,02	34
Малые Кармакулы	1982	2017	0,02	36
Белое море				
Умба	1984	2017	0,05	34
Соловки	1984	2017	0,06	34
Онега	1984	2017	0,02	34
Жижгин	1985	2017	0,01	33
Абрамовский маяк	1968	2017	0,01	50
Карское море				
Амдерма	1982	2017	0,72	36
Е. К. Федорова (м. Болван. Нос)	1984	2017	0,04	34
о-ва Известий ЦИК	1984	2017	0,01	34
м. Стерлегова	1977	2016	0,07	40

Окончание табл. 3

Станция	Начало периода	Конец периода	Коэффициент линейного тренда	Длина ряда, лет
Море Лаптевых				
о. Дунай	1984	2011	0,27	28
о. Котельный	1977	2017	0,03	40
пр. Санникова	1982	2017	0,02	36
м. Кигилях	1982	2017	0,02	36
Анабар	1989	2017	0,04	29
Восточно-Сибирское море				
Рау-чуа	1986	2015	0,12	30
б. Амбарчик	1986	2015	0,02	30
Певек	1986	2015	0,03	30
Чукотское море				
м. Ванкарем	1986	2007	0,08	22
о. Врангеля	1977	2010	0,09	34

Однако при сохранении тенденций изменения среднего уровня арктических морей очевидно, что характер колебаний уровня моря имеет нестационарный характер, который в разных морях проявляется по-разному.

Характерный график для изменения уровня моря в последние десятилетия приведен на рисунке, где показаны временной ход и линейный тренд уровня моря на ГМС Амдерма (юго-западная часть Карского моря). Тренды на других станциях (табл. 3) также положительны за исследуемый период.

Линейный тренд уровня моря на станциях Баренцева моря превышает 3 см за десятилетие, причем изменчивость уровня моря весьма значительна: размах колебаний среднего уровня превышает 5 м по данным за период 1987–2017 гг.

Характер изменения уровня моря по данным станций Белого моря существенно меньше характеристик уровня на баренцево-морских станциях: размах колебаний среднего уровня составляет 2,5 м по данным за период 1984–2017 гг. Линейный тренд уровня моря выражен слабее, его значение незначительно превышает 0,6 см за десятилетие.



Рис. Временной ход уровня моря на ГМС Амдерма (Карское море), линия тренда – пунктир

Изменение уровня моря в Карском море в разных его частях существенно отличается, так на юге моря размах (разность максимального и минимального уровня за многолетний период) составляет 213–232 см, в северной же части моря – 127–185 см. Линейный тренд уровня моря на ГМС Амдерма превышает 7 см за десятилетие, а на станции о-ва Известий ЦИК составляет всего 0,1 см/10 лет.

Изменения уровня моря на станциях моря Лаптевых незначительны, однако линейный тренд также положителен, как и в других арктических морях. На станции о. Дунай линейный тренд уровня моря немного превышает 2,7 см за десятилетие.

На всех станциях Восточно-Сибирского моря линейный тренд уровня моря также положителен от 0,18 см/10 лет на станции Амбарчик до 1,15 см/10 лет на станции Рау-чуа.

По Чукотскому морю в обработку были включены две станции с продолжительными рядами наблюдений (ГМС м. Ванкарем и ГМС о. Врангеля) за период 1977–2010 гг. На обеих станциях, как и на станциях других арктических морей, прослеживается положительный тренд уровня моря порядка 0,8–0,9 см/10 лет.

В целом результаты расчетов многолетнего хода уровня моря по данным станций арктического бассейна свидетельствуют об устойчивой тенденции его повышения под действием определенных природных факторов, включая и процессы таяния арктических льдов в результате глобального потепления климата (сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане за последние десятилетия составляет 7–8 %/10 лет [7]).

Дополнительно отметим, что подъем среднего уровня Мирового океана составил в это же время 0,17 м [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашик И.М., Рыжов И.В. Экстремальные колебания уровня арктических морей и их многолетние изменения // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 4. С. 74–89.
2. Воронцов А.А., Михайлов Н.Н., Олейников С.А., Ульянич И.Г. Режимно-справочный банк данных «Океанография – моря СССР». Методическое, программное и информационное обеспечение получения климатических характеристик для исследования изменчивости гидрометеорологического и гидрохимического режима морей. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 92 с.
3. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане 2009. – СПб: АНИИ, 2010. С. 112.
4. Олейников С.А., Воронцов А.А. Применение технологии ЕСИМО получения режимно-справочных характеристик морской среды для исследования долгопериодной изменчивости уровня моря // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 330–337.
5. Цатуров Ю.С., Клепиков А.В. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета // Арктика: экология и экономика. 2012. № 4 (8). С. 76–81.
6. Чернышева Л.С. Оледенения, арктические льды и климат // <http://www.dvgu.ru/meteo/Intra/ChernLect.html>.
7. Четвертый оценочный доклад МГЭИК «Изменение климата 2007» IPCC WG1 AR4 Report // <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>.
8. ArcticReportCard 2017. 2018 ftp://ftp.oar.noaa.gov/arctic/documents/ArcticReportCard_full_report2017.pdf.
9. Ashik I.M. Measurements of the sea level in the Arctic seas of Russia and its long-term variability / Intergovernmental Oceanographic Commission. 2018. Workshop on Sea-Level Measurements in Hostile Conditions, Moscow, Russian Federation, 13–15 March 2018. IOC Workshop Reports, 281. Paris, UNESCO. P. 28. English/Russian. P. 2.

УДК 551.465.7

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЦИКЛОНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ОСАДКОВ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ И ЕВРОПЕ

Н. А. Вязилова¹, А. Е. Вязилов²

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

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

1. Введение

Согласно экспертным оценкам Межправительственной группы по изменению климата, одним из наиболее опасных аспектов глобального изменения современного климата является усиление его экстремальности, что проявляется в учащении аномальных гидрометеорологических явлений, повышении их интенсивности. В части гидрологического цикла это увеличение повторяемости наводнений и засух, сопровождающихся значительным экономическим ущербом. Исследование климатических изменений гидрологического цикла включает прежде всего изучение изменения цикла атмосферной влаги и основных его составляющих – адвекции атмосферной влаги и атмосферных осадков. Модельные расчеты изменения количества осадков в различных регионах земного шара, представленные, например, в работе [1], показывают прежде всего увеличение общего глобального количества осадков на земном шаре приблизительно на 6,2 %. Также наблюдается изменение в географическом распределении осадков, проявляющееся в увеличении их количества в зоне штормов и высоких широтах, и заметном уменьшении в субтропиках, особенно в летний период года. Это изменение связано с процессами, развивающимися в глобальном гидрологическом цикле, представленными в [2]. Важной особенностью изменения атмосферных осадков, согласно выводу авторов исследования [3],

является заметное увеличение количества случаев с осадками высокой интенсивности, которое в некоторых районах может достигать 40–50 % относительно многолетней нормы. Увеличение экстремальных осадков в регионах представляет для общества очень серьезную проблему, часто более актуальную по сравнению даже с риском развития высоких скоростей ветра.

Известно, что атмосферные осадки во внетропических широтах могут носить фронтальный и конвективный характер. Фронтальные осадки связаны с барическими образованиями, в основном циклонами и барическими ложбинами, и наблюдаются в районе атмосферных фронтов [4]. Возможность выпадения экстремальных осадков в умеренных и приполярных широтах, согласно предположениям авторов [5], в большинстве случаев действительно обусловлена формированием достаточно мощной циклонической структуры с разной локализацией центров относительно района экстремальных осадков, а также наличием фронтальных зон, являющихся индикаторами выпадения фронтальных осадков, в отличие от осадков конвективных. В настоящее время нет единого определения экстремальных осадков, а все рекомендуемые критерии экстремальности осадков (пороговые и вероятностные) представляют, как правило, статистические оценки количества суточных сумм осадков в районе наблюдения. В представленной работе для оценки атмосферных осадков в циклонах используется интенсивность, представляющая количество осадков, выпавших на единицу площади в единицу времени. Данный параметр является важным фактором формирования экстремальных осадков, и иногда, например, в [1], используется для оценки интенсивности циклонов. Исследования циклонической активности во внетропических широтах Северного полушария показывают рост количества экстремально интенсивных циклонов в последние два-три десятка лет [6–9]. При этом в качестве индикатора экстремальности циклона чаще всего принимается его глубина, то есть значение атмосферного давления или вихря в центре циклона. Целью настоящей работы является изучение климатических особенностей пространственной изменчивости повторяемости циклонов с различной интенсивностью осадков

в летнюю и зимнюю половину года в Северной Атлантике и Европе. Особое внимание уделено изучению взаимосвязи глубины циклонов и интенсивности осадков в них.

2. Данные и методы расчета

Для исследования были использованы данные NOAA NCEP/DOE реанализа – 2 Национального метеорологического центра США [10] – 6-часовые данные атмосферного давления на уровне моря в узлах сетки $2,5^\circ$ и интенсивности осадков в нижнем слое атмосферы в узлах сетки Гаусса за период с января 1979 по декабрь 2016 года. По данным атмосферного давления на уровне моря методом автоматической идентификации, описанным в [11], определялись центры циклонов. Алгоритм расчета траекторий движения циклонов представлен также в этой же работе. Для анализа отбирались только циклоны, в период жизни которых хотя бы раз давление в центре было меньше 1000 гПа, и с продолжительностью жизни более 12 часов. Повторяемость циклонов с осадками определенной интенсивности в каждой точке сетки определялась как количество идентифицированных центров циклонов за календарный месяц, попадающих в данную точку сетки и сопровождающихся осадками заданной интенсивности.

Согласно анализу изменения структуры осадков в районе циклона по мере его продвижения [12], непосредственно в центре циклона осадки отсутствуют, а максимальная их интенсивность отмечена в районе фронтов. В настоящей работе именно максимальная интенсивность была выбрана в качестве основной характеристики атмосферных осадков в циклонах. Максимальная интенсивность выбиралась в каждый срок наблюдения в районе каждого идентифицированного циклона. В идеальном случае размер такого района определяется размером циклона, но в данной работе, так же, как и в [12], в качестве вполне репрезентативного был принят район с радиусом не более 5 градусов.

Интенсивность атмосферных осадков неразрывно связана с характером их выпадения. Классификация осадков по характеру выпадения предусматривает их деление на обложные и ливневые, фронтальные и конвективные, и часто применяется в научных

исследованиях. Следует отметить, однако, что четкие общепринятые критерии такой классификации до сих пор не выработаны. Согласно определению, данному в [4], к фронтальным осадкам, связанным с циклонами относятся, главным образом обложные осадки (морось и дожди умеренной интенсивности), которые характерны для теплых фронтов и теплых фронтов окклюзии, но могут выпадать и у фронтов любого типа. Ливневые же осадки могут быть фронтальными (наблюдаться у холодных фронтов и холодных фронтов окклюзии), но чаще всего являются внутримассовыми и имеют конвективную природу образования.

В настоящей работе для разделения атмосферных осадков на градации по интенсивности была применена классификация, рекомендованная Гидрометцентром РФ [<http://meteoinfo.ru/forecasts>], согласно которой к морозящим осадкам относят осадки самых слабых интенсивностей со скоростью оседания менее 0,2 мм/ч. Интенсивность осадков, характеризующихся как «дождь», колеблется от 0,2 до 1,2 мм/ч, как «сильный дождь» – от 1,2 мм/ч до 3,99 мм/ч; осадки с интенсивностью от 4 мм/ч и более считают ливневыми.

Для каждой из четырех выделенных градаций («морось», «дождь», «сильный дождь», «ливень») была рассчитана повторяемость циклонов в узлах сетки для летней (с апреля по сентябрь) и зимней (с октября по март) половины года для всего периода исследования, по которым затем были получены средние многолетние значения и построены климатические карты их пространственного распределения.

3. Многолетняя повторяемость циклонов с различной интенсивностью осадков в летний и зимний сезоны

Анализ карт средних многолетних значений повторяемости циклонов в узлах регулярной сетки (количества идентифицированных центров циклонов с различной интенсивностью осадков) показывает, что и в зимнюю, и в летнюю половину года осадки с малой интенсивностью – менее 1,2 мм/ч («морось», «слабый дождь», «дождь») – наблюдаются в циклонах преимущественно севернее 50° с.ш. (рис. 1). Максимальная повторяемость таких

циклонов наблюдается в северных районах Европы и России, при этом в летний сезон значения повторяемости существенно выше по сравнению с зимней половиной года.

Циклоны с осадками интенсивностью более 1,2 мм/ч, характеризующиеся как «сильный дождь», согласно климатическим расчетам, наблюдаются преимущественно южнее 55° с.ш. (рис. 2). Максимальная повторяемость таких циклонов как в летний, так и в зимний сезоны, отмечается над Атлантикой в полосе широт от 35° до 45° с.ш., при этом летний сезон отличается более высокими значениями повторяемости.

Таким образом, анализ многолетнего количества циклонов позволяет условно разделить исследуемый регион на две широтные зоны: северную (с координатами 55° с.ш. – 80° с.ш.) и южную (30° с.ш. – 55° с.ш.). В северной широтной зоне – основной зоне

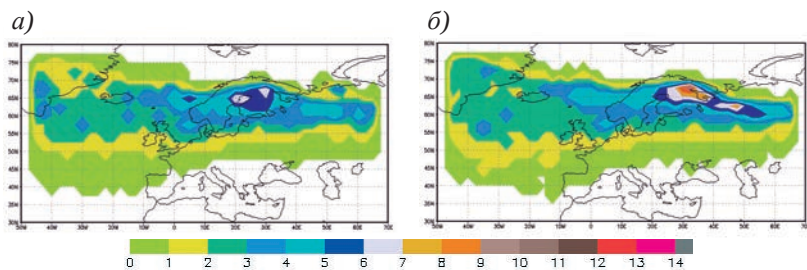


Рис. 1. Среднегодовое интегральное количество циклонов с интенсивностью атмосферных осадков менее 1,2 мм/ч в зимний (а) и летний (б) периоды года

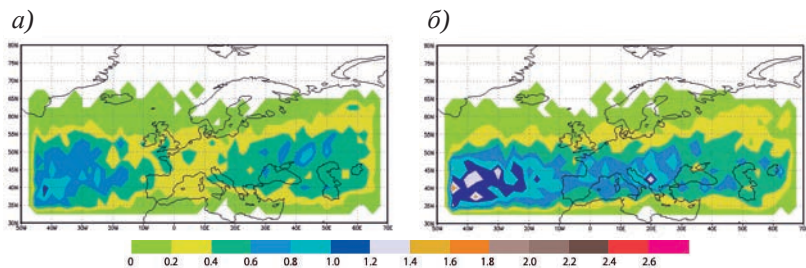


Рис. 2. Среднегодовое интегральное количество циклонов с интенсивностью атмосферных осадков более 1,2 мм/ч в зимний (а) и летний (б) периоды года

прохождения циклонов и штормов – преобладают циклонические образования с интенсивностью фронтальных осадков менее 1,2 мм/ч, циклоны с более высокой интенсивностью осадков наблюдаются в основном в более южных районах.

4. О взаимосвязи повторяемости глубоких циклонов и интенсивности осадков в них

Для изучения взаимосвязи глубины циклонов и интенсивности осадков в них сравним прежде всего средние многолетние значения количества циклонов по градациям интенсивности осадков, рассчитанные отдельно для общей группы циклонов (табл. 1) и отдельно для группы глубоких циклонов (табл. 2).

Таблица 1

Среднее многолетнее количество циклонов по градациям интенсивности осадков в северной и южной широтной зоне Северной Атлантики в зимнюю и летнюю половину года

Регион	Сезон	Кол-во циклонов	≤0,25 мм/ч	0,25–1,2 мм/ч	1,2–3,9 мм/ч	>3,9 мм/ч
Сев_шз	зима	946,7	432,5	481,0	33,2	0,0
	лето	996,3	376,3	589,3	30,7	0,0
Юж_шз	зима	480,9	61,3	221,2	190,6	7,7
	лето	567,8	43,5	268,2	249,9	6,0

Таблица 2

Среднее многолетнее количество глубоких циклонов по градациям интенсивности осадков в северной и южной широтной зоне Северной Атлантики в зимнюю и летнюю половину года

Регион	Сезон	Кол-во циклонов	≤0,25 мм/ч	0,25–1,2 мм/ч	1,2–3,9 мм/ч	>3,9 мм/ч
Сев_шз	зима	383,7	102,9	252,6	28,2	0,0
	лето	457,8	96,4	327,5	33,8	0,0
Юж_шз	зима	53,2	3,0	28,0	21,7	0,5
	лето	76,7	2,5	42,4	31,1	0,7

Несмотря на то, что в южной широтной зоне в среднем многолетнем плане и количество циклонов существенно ниже по сравнению с северной широтной зоной, и обеспечивается циклоническая активность в южных широтах практически только

умеренными циклонами [6], именно в южных широтах как в зимние, так и летние месяцы количество циклонов с высокой интенсивностью осадков (от 1,2 до 3,9 мм /ч), согласно средним многолетним данным, существенно выше по сравнению с северной широтной зоной в общей группе циклонов и сравнимо по величине в группе глубоких циклонов. Возможно, это связано с районами формирования и развития южных циклонов, к которым относятся Атлантика и Средиземное море. Изучению южных циклонов, их повторяемости, районам формирования, взаимосвязи с крупномасштабной циркуляцией уделяется в последние годы достаточно много внимания [5, 13, 14], так как с ними часто связаны экстремальные погодные ситуации в южных районах Европейского региона, в том числе и в России.

Анализ изменчивости процентного соотношения количества циклонов по градациям интенсивности осадков (рис. 3) показывает, что доля циклонов с осадками слабой интенсивности (менее 0,2 мм/ч) в северной широтной зоне составляет около 40 % в общей группе циклонов и около 20 % в группе глубоких циклонов, в южной широтной зоне эта доля составляет, соответственно, 5–10 % в первой группе и около 5 % во второй. То есть доля циклонов с осадками слабой интенсивности в группе глубоких циклонов существенно меньше по сравнению с общей группой циклонов, особенно в северной широтной зоне.

Доля циклонов с умеренно сильными осадками (от 0,25 до 1,2 мм/ч) является основной в обеих широтных зонах как в общей группе циклонов, так и в группе глубоких циклонов. В общей группе циклонов доля циклонов с умеренно сильными осадками практически не изменяется и составляет 50–60 % в северной и 45–50 % – в южной широтной зоне. В группе глубоких циклонов в северной широтной зоне доля таких циклонов выше и составляет в течение всего периода исследования 70–75 %, а в южной уменьшается с 65 до 45–50 %.

Однако именно в южной широтной зоне как в общей группе циклонов, так и в группе глубоких циклонов в последние два десятка лет возрастает до 40–50 % доля циклонов с осадками высокой интенсивности (выше 1,2 мм/час). Важно отметить, что

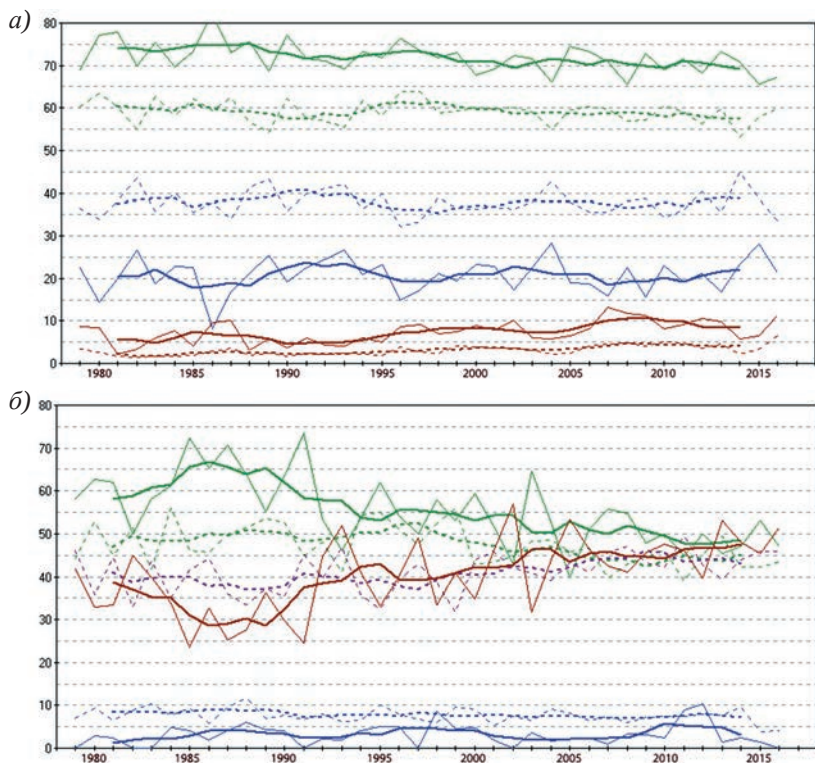


Рис. 3. Повторяемость циклонов (в %) по градациям интенсивности атмосферных осадков для всей группы циклонов и отдельно для глубоких циклонов в летнюю половину года в северной (а) и южной широтных зонах (б).

Обозначения на рисунке. Цветом выделены градации интенсивности осадков: синий – менее 0,25 мм/ч, зеленый – от 0,25 до 1,2 мм/час, коричневый – от 1,2 до 3,95 мм/ч, красный – более 3,95 мм/час. Сплошные линии – глубокие циклоны, тире – общая группа циклонов. Жирными линиями выделены скользящие средние за каждые 5 лет.

в группе глубоких циклонов величина этой доли во второй половине 1980-х гг. составляла только 30 %. То есть, в последние два десятилетия в летние месяцы в южных широтах исследуемого региона наблюдалось значительное увеличение количества глубоких циклонов с сильными осадками.

В северной широтной зоне доля циклонов с высокой интенсивностью осадков существенно ниже, по сравнению с южной, и составляет менее 5 % в общей группе циклонов и от 5 до 10 % – в группе глубоких циклонов. Доля глубоких циклонов с высокой интенсивностью осадков в данных широтах постепенно увеличивалась в течение периода исследования, и увеличение в процентном выражении практически в два раза даже больше, чем в южных широтах. Если учесть, что в северной широтной зоне реальное количество глубоких циклонов существенно выше, по сравнению с южными широтами, увеличение даже небольшой доли в процентах в два раза (а именно с 5 до 10 %) означает в данном регионе реальный существенный рост количества таких циклонов.

Таким образом, как в северной, так и южной широтной зоне, доля циклонов с высокой интенсивностью осадков в группе глубоких циклонов существенно выше по сравнению с общей группой циклонов, и эта доля постепенно увеличивается. Это означает, что на фоне увеличения количества экстремально глубоких циклонов во внетропических широтах Северной Атлантики, что было показано в ряде исследований [6–9], увеличивается и количество глубоких циклонов, сопровождающихся высокой интенсивностью осадков.

5. Заключение

1. Согласно климатическим расчетам, в основной зоне прохождения штормов – севернее 50° с.ш. – преобладают циклоны с интенсивностью фронтальных осадков менее 1,2 мм/ч («морось», «слабый дождь», «дождь»). Осадки с интенсивностью более 1,25 мм/ч, характеризующиеся как «дождь» и «сильный дождь», наблюдаются в циклонах преимущественно южнее 55° с.ш. При этом доля циклонов с интенсивностью осадков более 1,2 мм/ч как в северных, так и южных широтах постоянно увеличивается.

2. Доля циклонов с высокой интенсивностью осадков в группе глубоких циклонов существенно выше по сравнению с общей группой циклонов, и эта доля постепенно увеличивается. Это означает, что в последние два десятилетия во внетропических

широтах Северной Атлантики и Европы наблюдается рост количества глубоких циклонов, сопровождающихся высокой интенсивностью осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Watterson I.G. The intensity of precipitation during extratropical cyclones in global warming simulations: a link to cyclone intensity? // *Tellus*, 2006, Vol. 1, 5&A, P. 82–97.
2. Held I.M., Soden B.J. Robust responses of the hydrological cycle to global warming // *J. Climate*. 2006. Vol. 19. P. 5686–5699.
3. Semenov V.A. and Bengtsson. Secular trends in daily precipitation characteristics: Greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM // *Climate Dyn.* 2002. Vol. 19. P. 123–140.
4. Зверев А.С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. 775 с.
5. Матвеева Т.А., Гуцина Д.Ю., Золина О.Г. Крупномасштабные индикаторы экстремальных осадков в прибрежных природно-экономических зонах Европейской территории России // *Метеорология и гидрология*. 2015. № 11. С. 20–32.
6. Вязилова Н.А., Вязилова А.Е. Об экстремальной циклонической активности в Северной Атлантике // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 11. С. 5–14.
7. Gulev S.K., Zolina O.G., Grigoriev S. Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data // *Climate Dynamics*. 2001. Vol. 17. P. 795–809.
8. 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. Vol. 19. P. 3145–3166.
9. Key J., Chan A. Multidecadal global and regional trends in 1000 mb and 500 mb cyclone frequencies // *Geophys. Res. Lett.* 1999. Vol. 26. P. 2053–2056.
10. Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.K., Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 2002. Vol. 83. P. 1631–1643.
11. Вязилова Н.А. Циклоническая активность и колебания циркуляции в Северной Атлантике // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 7. С. 5–14.
12. Bengtsson L., Hodges K.I., Keenlyside N. Will Extratropical Storms Intensify in a Warmer Climate? // *J. Climate*. 2009. Vol. 22. P. 2276–2301.
13. Казначеева В.Д., Шувалов С.В. Климатические характеристики средиземноморских циклонов // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 5. С. 41–52.
14. Krichak S.O., Alpert P. Decadal Trends in the East Atlantic-West Russia Pattern and Mediterranean Precipitation // *Int. J. Climat.* 2005. Vol. 25. P. 183–192.

УДК 551.501.711(470)

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

В. Н. Кузнецова¹, Н. В. Швець²

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

¹ kuznezova@meteo.ru, ² schvets@meteo.ru

Введение

Начиная с середины прошлого века произошло существенное изменение в состоянии климатической системы. Сюда можно отнести увеличение концентрации парниковых газов, особенно углекислого газа, изменение сумм осадков, сокращение запасов снега и льда, повышение уровня Мирового океана, увеличение частоты и изменение параметров некоторых экстремальных климатических явлений и, главное, потепление атмосферы и океана [1–6].

Потепление наблюдается почти во всех широтных зонах обоих полушарий [1–3]. Продолжающееся глобальное потепление климата коснулось и территории России: коэффициент линейного тренда за период 1976–2008 гг. составил 0,51 °C на десятилетие [4].

Однако глобальное потепление по-разному оказывает влияние на региональные климатические процессы и имеет при этом ряд сезонных и региональных особенностей. Характер сезонных и региональных особенностей климатических процессов зависит от сезона года, региона, рельефа, атмосферной циркуляции [5, 6].

Особый интерес представляет мониторинг текущих изменений климата за последние десятилетия в Арктике и прилегающих к ней полярных районах России, так как изменчивость метеорологических элементов в этих районах особенно велика [7, 8]. Глобальное потепление за последние десятилетия уже сказалось на климате Арктики. Наблюдается таяние и уменьшение

площади арктических льдов Северного Ледовитого океана [8], увеличение глубины сезонного протаивания почвогрунтов на огромной территории России [9, 10]. В результате происходит смещение границы вечной мерзлоты к северу, изменение характеристик снежного покрова в Северном полушарии, в том числе на территории России [11].

Потепление в Арктике РФ наблюдается на высотах в нижней и средней тропосфере: оно составило за период 1978–2009 гг. 2,2 °C для нижней и 1,8 °C для средней [12, 13].

Возникает вопрос, как изменяются другие климатические характеристики на фоне глобального потепления, и одной из таких характеристик является водяной пар в атмосферном воздухе.

Водяной пар, являясь главным парниковым газом в атмосфере и основным поглотителем как солнечной, так и земной радиации, оказывает существенное влияние на тепловой режим земной поверхности и атмосферы, играя большую роль в формировании климата и водного режима суши. В результате фазовых переходов водяного пара формируются облака, туманы, осадки, влияя на погоду и климат в целом. Поэтому водяной пар в воздухе или влажность воздуха можно рассматривать как один из основных элементов погоды и индикаторов изменения климата. А получение оценок климатических изменений содержания водяного пара над территорией России, в том числе над арктическими регионами России, является актуальной задачей в исследовании изменчивости современного климата.

В настоящее время исследований поведения влажности воздуха у земли за последние десятилетия в условиях потепления климата мало. Есть работы, посвященные анализу изменчивости температурно-влажностного режима на высотах [14, 15], а также по анализу изменчивости режима увлажнения на территории бывшего СССР за ранние годы наблюдений [16–18].

В настоящей работе была поставлена задача исследовать возможные изменения в режиме влажности на территории России и Российской Арктики на основе данных за последние годы, выявить их сезонные и региональные особенности и установить возможные связи с изменчивостью других метеорологических элементов.

Данные

В качестве характеристики режима влажности нами была выбрана упругость водяного пара или парциальное давление водяного пара (далее – как влажность воздуха), которое представляет собой давление водяного пара в воздухе, выраженное в гектопаскалях (гПа) или в миллибарах (мб).

В большинстве своем основные глобальные и региональные исследования изменения климата проводят на постанционных данных месячного осреднения. Для нашего исследования изменчивости режима влажности исходным материалом послужил массив, представляющий собой постанционные ряды среднемесячных значений упругости водяного пара (e) на 1300 метеорологических станциях России. Этот массив создавался по данным, содержащимся на технических носителях Госфонда Росгидромета и по опубликованным источникам [19–21]. Массив при своем формировании проходит несколько этапов контроля – технологический – на уровне организации хранения данных [22]; статистический контроль на качество данных, основанный на анализе значений асимметрии и эксцесса [23]. В массив включены метеорологические однородные длиннорядные станции, равномерно расположенные по территории России. Для расчетов было выбрано 1300 метеорологических станций России, имеющих ряды наблюдений с 1939 по 2016 год. Вся информация соответствует требованиям, предъявляемым к данным в задачах исследования изменения климата.

Исследование изменчивости влажности проводилось на основе эмпирико-статистического анализа временных рядов среднемесячного парциального давления водяного пара. Расчет статистических характеристик и коэффициентов линейного тренда проводился на основе специально разработанного авторского пакета программ. Тренды рассчитывались по уравнению линейной регрессии [24]: значимость коэффициентов линейного тренда оценивалась по критерию Стьюдента [24]. Для исключения влияния годового хода в исследованиях изменчивости влажности использовались не сами среднемесячные значения, а их аномалии (Δe). Для расчета аномалий (отклонений

наблюденных значений от нормы) в качестве нормы, по рекомендации ВМО [25], использовали обновленные нормы за период 1981–2010 гг., поскольку, как отмечено в [26], нормы за три последних тридцатилетия изменились, и больше подходят для оперативной оценки аномальности текущей погоды и целей мониторинга климата последних десятилетий.

Для выявления сезонных и региональных особенностей расчет и анализ проводился по осредненным сезонам года и за год в целом. Поскольку условия увлажнения на территории России различны, поэтому чтобы не сглаживать результаты при осреднении в целом по территории различных режимов влажности, исследования проведены отдельно для квазиоднородных районов России. Районирование проведено с учетом климатогеографических особенностей территории в сочетании с административно-территориальным делением на основании классификации Б.П. Алисова [27].

Результаты

По временным рядам пространственно осредненных аномалий влажности воздуха были рассчитаны сезонные и годовые тренды влажности воздуха (мб/10 лет) за период с 1939 по 2016 г., которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты линейных трендов средних годовых и сезонных аномалий среднемесячного парциального давления водяного пара, осредненных по квазиоднородным климатическим районам России за период 1939–2016 гг. (мб/10 лет)

(* помечены незначимые тренды, остальные тренды значимы на заданном 5 %-ном уровне значимости)

Районы	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
1	0,03*	0,08	0,10	0,05*	0,07 (0,04)
2	0,01*	0,05	0,10	0,04	0,05 (0,02)
3	-0,00*	0,03	0,12 (0,06)	0,06	0,06 (0,05)
4	0,09	0,11	0,12	0,08	0,10
5	0,06	0,08	0,16	0,08	0,09
6	0,10	0,10	0,14	0,11	0,11
7	0,08	0,07	0,14	0,12	0,10

Окончание табл. 1

Районы	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
8	0,10	0,09	0,14	0,14	0,11
9	0,07	0,12	0,12	0,09	0,10
10	0,03*	0,06	0,09	0,02*	0,05
11	0,04 (0,06)	0,06	0,10	0,06	0,06
12	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
13	0,04	0,07	0,10	0,07	0,07
14	0,01 (0,03)	0,08	0,13 (0,05)	0,02*	0,06
15	0,03	0,05	0,08	0,02	0,05
16	0,02	0,07	0,07	0,02*	0,04
17	0,02	0,06	0,13 (0,05)	0,06 (0,03)	0,07
18	0,03	0,07	0,08 (0,05)	0,05	0,06

Примечание. В скобках приведены тренды, рассчитанные за период 1939–2007 гг.

На рис. 1–3 представлены временные ряды осредненных аномалий влажности воздуха и распределение линейных трендов (прямая линия) по основным сезонам и за год по квазиоднородным климатическим районам (выборочно).

Рассмотрим пространственные особенности распределения аномалий влажности воздуха по сезонам.

Зимой на большей части территории России наблюдается лишь незначительное увеличение аномалий среднемесячных значений парциального давления водяного пара. Тренды положительные, но небольшие. Наибольшее увеличение влажности зимой отмечается в центральной и южной части ЕТР, наименьшее – на севере Восточной Сибири (район 2), на Колыме и Чукотке (район 3) – понижение влажности. Характерно, что в этих районах зимой также наблюдается понижение температуры воздуха [6]. Весной (табл. 1) наблюдается дальнейший довольно ровный, небольшой рост парциального давления водяного пара по всем районам России. Увеличение влажности отмечается на всей Европейской территории России: здесь коэффициент линейного тренда составляет от 0,08 мб/10 лет на севере (район 1) до 0,12 мб/10 лет на юге (район 9), остальную территорию России занимают тренды 0,05–0,07 мб/10 лет, лишь более слабые тренды – 0,03 мб/10 лет – отмечены на Колыме и Чукотке (район 3).

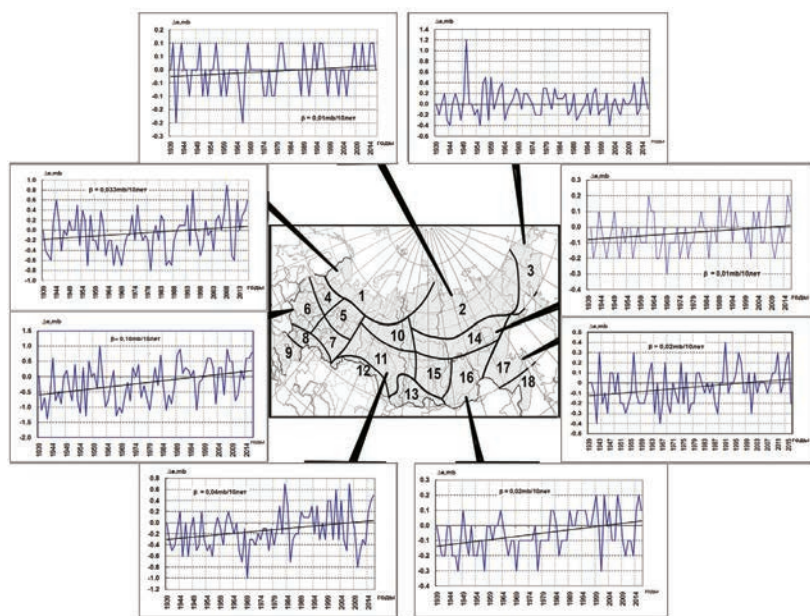


Рис. 1. Аномалии осредненного по территории квазиоднородных климатических районов среднего за зиму (декабрь–февраль) парциального давления водяного пара за период 1939–2016 гг.

Наибольшее увеличение влажности наблюдается летом, причем оно прослеживается по всем рассматриваемым районам (рис. 2 и табл. 1). Наибольшие положительные значения коэффициента линейного тренда приходятся на всю европейскую часть России – здесь коэффициенты линейного тренда самые высокие и колеблются от 0,1 до 0,16 мб/10 лет, коэффициенты линейного тренда выше 0,1 мб/10 лет отмечены в арктических районах России (районы 2, 3), в Западной Сибири (районы 10, 11, 13), в центре Восточной Сибири (14 район) и Хабаровском крае (17 район). Максимальная летняя положительная тенденция в аномалиях влажности от 0,07 до 0,09 мб/10 лет зафиксирована и в остальных районах России. Значительное летнее увеличение влажности объясняется не только потеплением, но и увеличением испарения, которое в связи с повышением температуры воздуха дополнительно насыщает воздух водяным паром. Лишь в районах с недостаточным

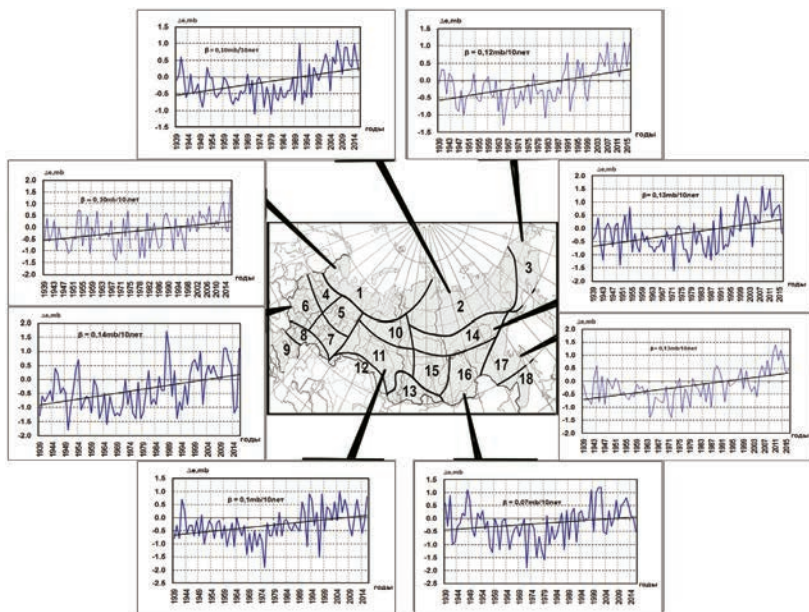


Рис. 2. Аномалии, осредненного по территории квазиоднородных климатических районов, среднего за лето (июнь – август) парциального давления водяного пара за период 1939–2016 гг.

увлажнением, высокими скоростями ветра и, соответственно, усилением турбулентного обмена – Иркутская область, Забайкалье и Бурятия (район 15 и 16), Приморье (район 18) – коэффициенты линейного тренды ниже.

Осенью наблюдается замедление темпа роста влажности. Самое существенное снижение роста влажности отмечено в центре Западной и Восточной Сибири, Иркутской области, Забайкалье и Бурятии – тенденции положительные, но небольшие – $0,02 \text{ мб/10 лет}$. На остальной территории России осеннее распределение близко к весеннему и составляет от $0,05$ до $0,14 \text{ мб/10 лет}$ по всей территории России с максимумом на Европейской территории России.

По результатам, представленным на рис. 3, можно говорить о том, что во всех климатических районах России наблюдается увеличение влажности за год в целом. Наибольшее увеличение влажности отмечается на всей Европейской территории России

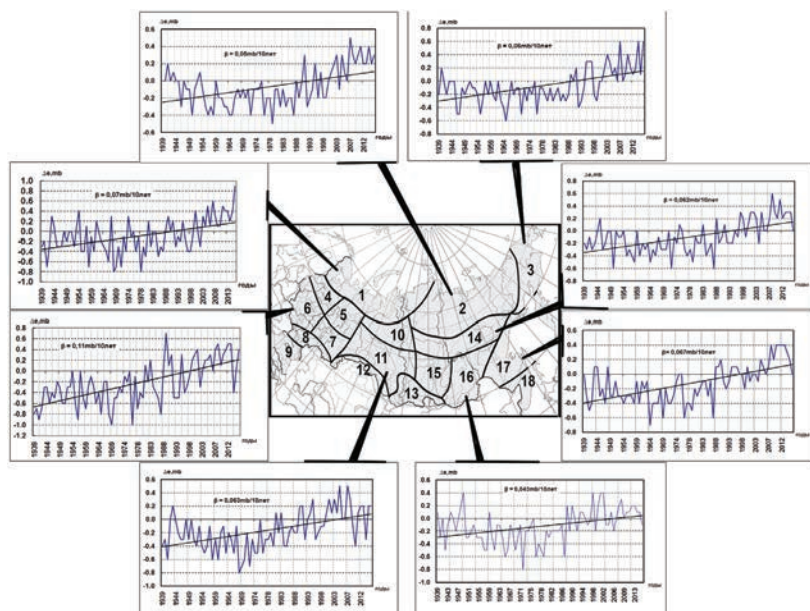


Рис 3. Аномалии, осредненные по квазиоднородным климатическим районам, среднего за год парциального давления водяного пара за период 1939–2016 гг.

(тренд 0,1 мб/10 лет и выше), наименьшее – в Бурятии и Забайкалья (район 16). На остальной территории страны наблюдается довольно ровный рост влажности на фоне глобального потепления: тренды 0,05–0,07 мб/10 лет.

Сравнивая сезонные и региональные особенности изменений аномалий влажности воздуха за 1939–2016 гг. (табл. 1) с аналогичными оценками за 1939–2007 гг., изложенными нами ранее в [18], обнаружено, что самое значительное увеличение влажности за последнее десятилетие отмечено на арктических территориях ЕТР (Европейской территории России), Западной и Восточной Сибири (районы 1, 2). Здесь годовые положительные тренды удвоились, причем тенденция увеличивается во все сезоны года с максимумом трендов летом. Сезонные особенности в изменение трендов влажности за последнее десятилетие коснулось еще несколько районов России: летом тренды удвоились в районе Чукотки (район 3),

Восточной Сибири и Забайкалья районы (14–16 районы), а в Хабаровском крае и Приморье (17 и 18 районы), кроме лета, удвоение трендов отмечено осенью. Уменьшение тренда влажности за последнее десятилетие наблюдалось лишь зимой в Западной Сибири, на Алтае (районы 10–13) и центре Восточной Сибири (район 14). Следует сказать, что летом эти районы характеризуются значительным ростом влажности. На остальной территории России особых сезонных изменений в тенденциях влажности за последнее десятилетие не обнаружено – сохраняется ровный рост влажности на фоне глобального потепления.

Таким образом, анализ трендов аномалий влажности воздуха выявил значительную пространственно-временную неоднородность в тенденциях поля влажности воздуха, которая связана с циркуляцией атмосферы [28], рельефом местности, географическим положением.

В исследованиях изменчивости климата принято считать, что если тренды являются результатом антропогенного влияния, то короткопериодные колебания являются скорее результатом естественных колебательных процессов в климатической системе [29]. Для выявления колебательной составляющей в наших рядах при более детальном рассмотрении на графиках хода кривых многолетних рядов годовых аномалий влажности воздуха (рис. 3) можно условно выделить внутри всего рассматриваемого периода участки, на которых наблюдается тенденция разного знака: период падения до середины 70 гг.: далее – период роста, и последнее десятилетие можно условно охарактеризовать как период падения. По этим временным промежуткам (периодам) были рассчитаны тренды годовых аномалий влажности по районам (табл. 2). Они позволили выделить лишь особенности каждого периода и получить оценки тенденций в изменении режима влажности в каждом периоде.

В первом периоде (1939–1975 гг.) отмечено понижение влажности. Коэффициент линейного тренда для этой части ряда изменяется от -0,1 до 0,01 мб/10 лет в зависимости от района, причем почти во всех районах России он принимает отрицательные значения.

Таблица 2

**Коэффициент линейного тренда (мб/10 лет) внутри периодов
1939–1975 гг., 1976–2016 гг., 1976–2006 гг. и 2007–2016 гг.
в рядах аномалий парциального давления водяного пара,
осредненных за год по климатическим квазиоднородным районам**

Районы	Периоды, гг.			
	1939–1975	1976–2006	2006–2016	1976–2016
1	-0,03	0,16	0,34	0,22
2	-0,06	0,15	0,02	0,17
3	-0,04	0,16	0,15	0,17
4	0,01	0,24	-0,03	0,23
5	-0,02	0,20	-0,22	0,19
6	0,01	0,21	-0,32	0,20
7	0,01	0,22	-0,35	0,14
8	0,03	0,22	-0,22	0,11
9	-0,02	0,28	-0,62	0,16
10	-0,10	0,12	0,30	0,14
11	-0,10	0,17	-0,15	0,12
12	-0,08	0,13	-0,12	0,05
13	-0,05	0,22	-0,03	0,14
14	-0,03	0,18	-0,24	0,17
15	-0,08	0,21	-0,14	0,14
16	-0,08	0,20	-0,19	0,14
17	-0,03	0,16	-0,11	0,17
18	-0,05	0,21	-0,10	0,18

Во втором периоде с середины 70-х гг. до 2006 г. наблюдается интенсивное увеличение влажности. Коэффициент линейного тренда – от 0,12 мб/10 лет и выше. Особенно выделяются опять же районы Российской Арктики и европейской части России (районы 1–3 и 4–6), где коэффициент линейного тренда меняется в пределах от 0,16 до 0,28 мб/10 лет, что довольно существенно, поскольку значения коэффициентов сравнимы с самими значениями влажности, особенно в зимнее время.

Анализ трендов аномалий влажности за последнее десятилетие (2007–2016 гг.) показал, что интенсивный рост влажности за последнее десятилетие сохранился лишь на арктических побережьях России (районы 1–3) и примыкающих к ним центральных

районах Западной Сибири (район 10). Тренды здесь положительные. На остальной территории России отмечено снижение темпа роста влажности – тренды везде отрицательные.

Дополнительно в таблице помещены тренды за период 1976–2016 гг., рассчитанные с учетом последнего десятилетия, которые оказались ниже (кроме районов Российской Арктики), чем за период 1976–2006 гг.. Очевидно, сюда внесла свой вклад тенденция последнего десятилетия.

Как видно из представленной таблицы, во влажности воздуха, как и температуре воздуха [1, 4, 7, 29], одновременно с ростом в масштабе века, в масштабе десятилетия могут наблюдаться периоды замедления роста. Процесс изменения влажности происходит по-разному в различных регионах. Наблюдающаяся в последнее десятилетие тенденция уменьшения темпа роста влажности распространяется почти на всю территорию России, исключение составляют лишь арктические районы России (1–3) и граничащие с ними низменные районы Западной Сибири (10), где по-прежнему сохраняется рост влажности, возможно, за счет влияния Атлантики на равнинные территории и за счет атмосферной циркуляции. Предположительно еще одним из факторов, влияющих на увеличение влажности в этих районах, является таяние арктических льдов, происходящее особенно интенсивно в последнее десятилетие, что, возможно, увеличивая площадь талой воды, дополнительно насыщает воздух влагой.

Для выявления связи увеличения влажности в полярных регионах России с уменьшением площадей (таянием) морских льдов Северного Ледовитого океана был посчитан коэффициент корреляции между ними.

Мы использовали массив средних месячных значений площадей морского льда и их аномалий в Арктике за период 1979–2016 гг., полученный по спутниковым данным в Национальном центре климатических исследований США (NCDC) [30].

Расчет проведен для арктических районов России и районов, граничащих с ними (это 4, 5, 10 и 14 районы), по всем сезонам года. Результаты расчета, приведенные в табл. 3, показывают, что наиболее значимая корреляция между аномалиями влажности и

аномалиями площадей морского льда наблюдается в арктических районах России (1–3 районы): коэффициент корреляции принимает значения от -0,5 до -0,3 осенью и весной и от -0,6 до -0,4 – летом, когда отмечаются наименьшие площади морских льдов и наибольшее увеличение влажности.

В остальных районах слабая корреляционная связь существует лишь в отдельные месяцы, либо вообще отсутствует, что вполне объяснимо удаленностью от Арктики.

Таблица 3

Коэффициент корреляции между рядами аномалий парциального давления водяного пара и рядами аномалий площадей морского льда за период 1979–2016 гг.

Районы	Сезоны			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	-0,30*	-0,31*	-0,36*	-0,43*
2	0,02	-0,48*	-0,63*	-0,43*
3	0,05	-0,34*	-0,54*	-0,39*
4	-0,20	-0,13	-0,35*	-0,34*
10	-0,03	-0,33*	-0,25*	-0,20
14	0,10	-0,37*	-0,45*	-0,20

Выводы

Проведенные исследования изменения влажности воздуха за период 1939–2016 гг. позволяют сделать вполне определенный вывод о том, что даже на фоне колебательной составляющей естественного происхождения в рядах аномалий влажности имеет место тенденция повышения влажности воздуха, отмеченная в целом по всей территории России. Связана она, вероятно, с глобальным потеплением, поскольку между температурой воздуха и влажностью воздуха существует прямая функциональная зависимость и имеются высокие корреляционные связи. Коэффициент линейной корреляции, рассчитанный ранее нами между рядами аномалий влажности и аномалий температуры воздуха, равен 0,7–0,9 для зимы и весны для всей территории России [18]. Почти такая же взаимосвязь сохраняется летом и осенью для арктических районов России (районы 1–3). На остальной территории

России связь между этими элементами ослабевает, хотя остается значимой (коэффициент корреляции принимает значения от 0,5 до 0,7). Связь температуры и влажности очевидна, несмотря на влияние таких дополнительных факторов, как испарение и турбулентный обмен.

Поэтому в условиях продолжающегося глобального потепления следует ожидать дальнейший рост влажности воздуха, однако увеличение влажности во времени в масштабах века может быть немонотонным – на масштабах десятилетия, как и в температуре, могут наблюдаться периоды снижения темпов роста влажности или даже уменьшение влажности, что говорит о возможной колебательной составляющей естественного происхождения и отмечено нами за последнее десятилетие в большинстве регионов России. Темпы увеличения влажности за последнее десятилетие сохранились лишь в арктических районах России, где выявлена значимая корреляционная связь роста влажности в весенний, летний и осенний периоды с уменьшением площади арктических льдов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов С.М., Гладильщиков А.А. Оценочные доклады межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК): исходная информация и технология оценки // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2015. Вып. 179. С. 5–13.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояния изменчивости и экстремальности климата//Всемирная конференция по изменению климата. Москва. 29 сентября – 3 октября 2003 г. // Труды конференции. – М.: Паблик принт, 2004. С. 101–110.
3. *Climate Change. Synthesis Report. Contribution of Working Groups 1, 2 and 3 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.* 2014. Switzerland. P. 151.
4. Шерстюков Б.Г., Салугашвили Р.С. Новые тенденции в изменениях климата северного полушария в последнее десятилетие // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 175. С. 43–51.
5. Шерстюков Б.Г. Парниковый эффект и изменение теплообмена между океаном и атмосферой как факторы современных изменений климата // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 173. С. 3–36.
6. Шерстюков Б.Г. Сезонные особенности изменения климата за 1976–2011 гг. // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 3–12.

7. *Алексеев Г.В., Захаров В.Ф., Иванов Н.Е.* Изменение современного климата Арктики // Труды ААНИИ. 2007. Т. 447. С. 7–16.
8. *Александров Е.И., Брызгин Н.Н., Дементьев А.А., Радионов В.Ф.* Мониторинг климата приземной атмосферы Северной полярной области // Труды ААНИИ. 2007. Т. 447. С. 18–32.
9. *Шерстюков А.Б.* Температура почвогрунтов России на глубинах до 320 см в условиях изменяющегося климата // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 173. С. 72–88.
10. *Шерстюков А.Б.* Длительные тенденции и изменения температуры почвогрунтов последнего десятилетия в зоне многолетней мерзлоты России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 147–156.
11. *Булыгина О.Н., Коришнуова Н.Н., Разуваев В.Н.* Изменение характеристик снежного покрова на территории России в последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 173. С. 54–62.
12. *Черных И.В., Оржеховская В.А.* Изменение температуры в тропосфере и нижней стратосфере, определенное по данным радиозондирования на российских полярных станциях за 1978–2009 гг. // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 98–115.
13. *Алдухов О.А., Черных И.В.* Тренды температуры и содержания водяного пара в тропосфере над Западно-Сибирским районом Арктики // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 175. С. 174–188.
14. *Хохлова А.В., Азуренко А.О.* Климатические характеристики влажности воздуха в Арктическом регионе по данным аэрологических наблюдений // Метеорология и гидрология. 2016. № 6. С. 31–38.
15. *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.
16. *Булыгина О.Н., Коришнуова Н.Н., Кузнецова В.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т.* Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 15.
17. *Булыгина О.Н., Кузнецова В.Н. и др.* Изменчивость режима влажности на территории бывшего СССР в 1931–1990 гг. // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1996. Вып. 162. С. 21–26.
18. *Кузнецова В.Н., Швець Н.В.* Анализ изменения режима влажности на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 175. С. 65–74.
19. *Климатический справочник СССР.* Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 1–34. – Л.: Гидрометеиздат. 1952–1957.
20. *Справочник по климату СССР.* Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 1–34. Л.: Гидрометеиздат. 1966–1970.
21. *Метеорологический ежегодник СССР.* Вып. 1–34. Ч. 2. 1961–1990.
22. *Веселов В.М.* Архивы Госфонда по ПЭВМ и технология их организации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 16–30.

23. Трофименко Л.Т., Шевченко Н.Н. Анализ полей асимметрии и эксцессов как средство контроля качества архивных данных // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1985. Вып. 116. С. 67–77.
24. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. – Л. Гидрометеоиздат, 1972. С. 125–135.
25. Commission for Climatology Sixteenth session. Heidelberg, 3–8 July 2014. Abridged final report with resolutions and recommendations. WMO-№1137. P. 68.
26. Коришанова Н.Н., Швець Н.В. Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 11–24.
27. Алисов Б.П. Климат СССР. – М.: Московский университет, 1956. С. 127.
28. Клещенко Л.К. О связи среднесезонной температуры воздуха на территории России с колебаниями крупномасштабной циркуляции атмосферы во второй половине XX века // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 194–213.
29. Шерстюков Б.Г. Физико-статистическое моделирование колебаний климата и опыт прогноза на два десятилетия колебаний температуры воздуха Северного полушария // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 181. С. 31–51.
30. Sea Ice and Snow Cover Extent National centers for environmental information // www.Ncdc.Noaa.Gov/snow-and-sea/extent/sea-ice.

УДК 551.579:681.3.016

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ БАЗЫ СВЕДЕНИЙ ОБ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ, НАНЕСШИХ МАТЕРИАЛЬНЫЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ УЩЕРБ

С. И. Шамин

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

Согласно утвержденному Росгидрометом РД 52.04.563–2013 [1], **опасное гидрометеорологическое явление (ОЯ)** – явление, которое по интенсивности развития, включающее его качественные и количественные характеристики, продолжительности или моменту возникновения представляет угрозу жизни и здоровью граждан, а также может нанести значительный материальный ущерб. **Неблагоприятное гидрометеорологическое явление (НГЯ)** – явление по своим количественным значениям не достигает критериев опасного природного явления, но затрудняет или препятствует деятельности отдельных отраслей экономики и может нанести материальный ущерб.

База сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, нанесших материальный и социальный ущерб, содержит информацию по всем наблюдаемым явлениям, нанесшим ущерб экономике и населению. Это необходимо для того, чтобы можно было представить полную картину режима погоды в конкретном регионе, и была бы возможность провести более тщательный статистический анализ с целью оценки рисков опасных гидрометеорологических явлений, расчета предотвращенных потерь и экономической эффективности гидрометеорологического обеспечения отраслей экономики и жизнеобеспечения населения в конкретном регионе страны.

Для формирования базы сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях погоды используются несколько источников:

- прежде всего это данные об опасных гидрометеорологических явлениях, произошедших на территории конкретного УГМС Росгидромета, которые поступают в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [2, 3] в виде текстовых ежемесячных сообщений;
- штормовые сообщения, которые подаются по каналам связи в соответствии с РД 52.04.563–2013;
- данные об опасных природных явлениях, поступающие из МЧС России и других открытых источников.

Надо отметить, что все перечисленные источники могут содержать одинаковую информацию об ОЯ по конкретным датам. Однако очень часто бывают уточняющие и какие-то дополнительные сведения об ОЯ в одном из них, не вошедшие в другие источники, и эти сведения должны быть включены в базу, причем включаются все ОЯ и НГЯ, нанешие ущерб, даже если они не были зафиксированы наблюдательными подразделениями Росгидромета.

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» выполняет работы по систематическому пополнению и поддержке базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях в соответствии с рекомендациями по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях [3].

В настоящей статье описывается структура и содержание базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях (сокращенно – база сведений об ОЯ).

Данные в базе сведений об ОЯ представлены в символьном виде и содержат числовые и текстовые значения величин в коде ASCII.

База сведений об ОЯ представляет собой набор таблиц, связанных между собой определенным образом (по полю **Номер ОЯ**). Структура базы сведений об ОЯ в виде схемы связей данных представлена на рисунке.

Рассмотрим подробнее состав таблиц и правила, налагающие некоторые ограничения на данные. Содержание таблиц

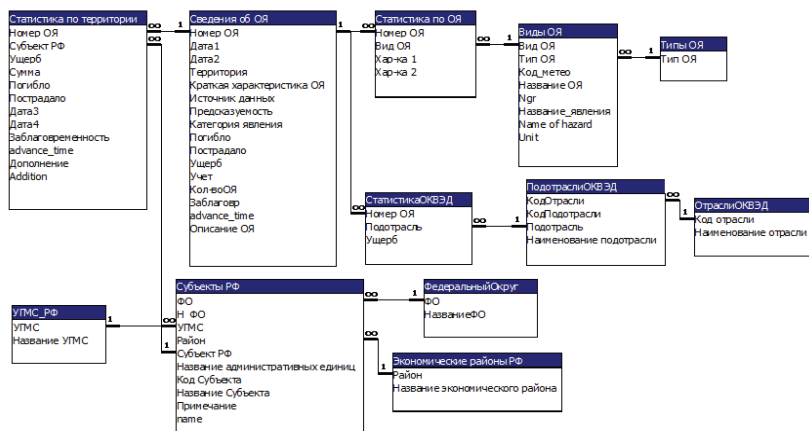


Рис. Схема связей данных базы сведений об ОЯ

определяется их названием. Название полей, их описание и тип данных представлены в соответствующих колонках таблиц. Подробное описание данных дано в табл. 1–12.

Главной является таблица «Сведения об ОЯ», в которой собраны все данные первоисточников, содержащих описание территории, явлений, ущерба в тестовом формате (в виде произвольного текста), а также числовых значений.

Каждая запись таблицы «Сведения об ОЯ» имеет уникальный порядковый номер (счетчик) – поле **Номер ОЯ**, под которым они занесены в базу. И хранение этой таблицы в Едином государственном фонде данных достаточно для получения всех сведений об ОЯ.

Следует отметить, что поля **Погибло** и **Пострадало** заполняются только после анализа текста об ущербе от ОЯ, признак **Предсказуемость** – после анализа текста о заблаговременности штормового предупреждения, а **Кол-во ОЯ** – после анализа текста описания ОЯ и ущерба, причем количество опасных явлений – это количество одновременно наблюдававшихся ОЯ.

В базе собраны сведения об метеорологических, гидрологических и агрометеорологических опасных явлениях.

Т а б л и ц а 1

Типы ОЯ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Тип ОЯ	Текстовый	30	Ключ, уникальный, обязательный	Описывает тип ОЯ (метеорология, гидрология, агрометеорология)

Т а б л и ц а 2

Виды ОЯ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Вид ОЯ	Числовой	Байт	Ключ, уникальный, обязательный	Описывает виды ОЯ
Тип ОЯ	Текстовый	30	Ключ	Описывает тип ОЯ.
Код_метео	Числовой	Целое	Не обязательное	Код явления в ЕГФД, если имеется соответствие
Название ОЯ	Текстовый	50	Обязательное	Сокращенное название опасного или неблагоприятного гидрометеорологического явления
Ngr	Числовой	Байт	Не обязательное	Номер группы при объединении явлений
Название_явления	Текстовый	50	Не обязательное	Полное название
Name of hazard	Текстовый	255	не обязательное	Сокращенное название на английском языке
Unit	Текстовый	255	Не обязательное	Единицы измерения явления

Т а б л и ц а 3

Федеральный округ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
ФО	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код федерального округа
Название ФО	Текстовый	200	Обязательное	Название федерального округа

Т а б л и ц а 4

Экономические районы РФ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Район	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код экономического района
Название экономического района	Текстовый	200	Обязательное	Название экономического района

Т а б л и ц а 5

УГМС_РФ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
УГМС	Числовой	Байт	Ключ, уникальный, обязательный	Код УГМС
Название УГМС	Текстовый	200	Обязательное	Название УГМС

Т а б л и ц а 6

Субъекты РФ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
ФО	Числовой	Целое	Ключ	Код федерального округа
УГМС	Числовой	Байт	Ключ	Код УГМС
Район	Числовой	Целое	Ключ	Код экономического района
Субъект РФ	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код субъекта РФ
Название административных единиц	Текстовый	40	Обязательное	Сокращенное название административных единиц
Код Субъекта	Числовой	Целое	Обязательное	Код субъекта в ЕГФД
Название Субъекта	Текстовый	40	Не обязательное	Полное название субъекта
Примечание	Текстовый	140	Не обязательное	Более раннее название субъекта с перечислением включенных административных единиц
name	Текстовый	255	Не обязательное	Название субъекта на английском языке

Т а б л и ц а 7

Отрасли ОКВЭД

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Код отрасли	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код отрасли первые две цифры общероссийского классификатора видов экономической деятельности
Наименование отрасли	Текстовый	255	Обязательное	Название отрасли

Т а б л и ц а 8

Подотрасли ОКВЭД

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Код отрасли	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код отрасли
Код Подотрасли	Текстовый	10	Обязательное	Код подотрасли
Подотрасль	Текстовый	20	Ключ, уникальный, обязательный	Сокращенное название подотрасли
Наименование подотрасли	Текстовый	255	Обязательное	Полное название подотрасли

Таблица 9

Сведения об ОЯ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Номер ОЯ	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Номер ОЯ, счетчик
Дата1	Числовой	Целое	Обязательное	Дата начала ОЯ (день, месяц, год)
Дата2	Числовой	Целое	Обязательное	Дата окончания ОЯ (день, месяц, год)
Территория	Текстовый	255	Обязательное	Территория и пункты, на которой наблюдалось ОЯ
Краткая характеристика ОЯ	Текстовый	255	Обязательное	Краткая характеристика ОЯ
Источник данных	Текстовый	25	Обязательное	Перечисление источника данных: УГМС, МЧС, штормовые сообщения или другие.

Окончание табл. 9

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Предсказуемость	Числовой	Байт	Обязательное	Признак: 0 – явление предусмотрено и 9 – не предусмотрено
Категория явления	Текстовый	17	Не обязательное	Описывает масштаб явления: локальное, макромасштабное
Погибло	Числовой	Целое	Не обязательное	Количество человек погибло (при наличии сведений, иначе – 0)
Пострадало	Числовой	Целое	Не обязательное	Количество человек пострадало (при наличии сведений, иначе –0)
Ущерб	Текстовый	МЕМО	Обязательное	Описание ущерба
Учет	Числовой	Байт	Не обязательное	Месяц, в котором поступили данные
Кол-воОЯ	Числовой	Байт	Обязательное	Количество опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся одновременно (одно и более)
Заблаговр	Текстовый	250	Обязательное	Время, за которое было дано предупреждение о ОЯ
advance_time	Текстовый	150	Не обязательное	Заблаговременность предупреждения об ОЯ на английском языке
Описание ОЯ	Текстовый	МЕМО	Не обязательное	Если имеется более подробная или дополнительная информация об ОЯ, которая не вошла в предыдущие поля

Таблица 10

Статистика по ОЯ

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Номер ОЯ	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Номер ОЯ
Вид ОЯ	Числовой	Байт	Ключ, уникальный, обязательный	Описывает вид ОЯ

О к о н ч а н и е т а б л . 1 0

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Хар-ка 1	Числовой	Целое	Обязательное	Интенсивность явления – количественная характеристика явления (константа отсутствия значение 9999)
Хар-ка 2	Числовой	Целое	Обязательное	Признак явления: 11 – если явление опасное и 22 – если явление неблагоприятное

Т а б л и ц а 1 1

Статистика по территории

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Номер ОЯ	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Номер ОЯ
Субъект РФ	Числовой	Целое	Ключ, уникальный, обязательный	Код субъекта РФ
Ущерб	Числовой	Байт	Обязательное	Код ущерба в данном субъекте: 0 – ущерб не нанесен, 1 – ущерб нанесен; 2 – нанесен ущерб населению
Сумма	Числовой	Целое	Не обязательное	Количественная характеристика ущерба в тыс. руб.
Погибло	Числовой	Целое	Не обязательное	Количество человек погибло (при наличии сведений, иначе – 0)
Пострадало	Числовой	Целое	Не обязательное	Количество человек пострадало (при наличии сведений, иначе – 0)
Дата3	Числовой	Целое	Обязательное	Дата начала ОЯ в данном субъекте (день, месяц, год)
Дата4	Числовой	Целое	Обязательное	Дата окончания ОЯ в данном субъекте (день, месяц, год)
Заблаговременность	Текстовый	150	Обязательное	Время, за которое было дано предупреждение об ОЯ

Окончание табл. 11

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
advance_time	Текстовый	150	Не обязательное	Заблаговременность предупреждения об ОЯ на английском языке
Дополнение	Текстовый	150	Не обязательное	Уточняющая информация об ОЯ в субъекте
Addition	Текстовый	150	Не обязательное	Уточняющая информация об ОЯ в субъекте на английском языке

Таблица 12

Статистика ОКВЭД

Имя поля	Тип	Размер	Ограничения	Содержание
Номер ОЯ	Числовой	Целое	Ключ	Номер ОЯ
Подотрасль	Текстовый	20	Ключ	Сокращенное название подотрасли
Ущерб	Текстовый	МЕМО	Обязательное	Описание ущерба для подотрасли

Когда наблюдалось одно или несколько неблагоприятных гидрометеорологических явлений, и они в комплексе привели к ущербу, будем считать этот комплекс неблагоприятных явлений (КНЯ) как одно ОЯ.

Перечень опасных гидрометеорологических явлений приведен в табл. 13.

В Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (ОКВЭД) использован иерархический метод классификации и последовательный метод кодирования. Код группировок видов экономической деятельности состоит из двух – шести цифровых знаков и его структура может быть представлена в следующем виде: XX. – класс; XX.X – подкласс; XX.XX – группа; XX.XX.X – подгруппа; XX.XX.XX – вид.

Хотя в базе сведений об ОЯ для кодировки отраслей экономики использовался только класс и подкласс, но в связи с частыми изменениями ОКВЭД было решено использовать для их идентификации просто сокращенное название. В табл. 14 приведены отрасли экономики.

Т а б л и ц а 13

Перечень опасных гидрометеорологических явлений

Вид ОЯ	Тип ОЯ	Код_метео	Название ОЯ	Ngr	Название_ явления	Name of hazard	Unit
1	Метеорология	99	Ветер	1	Ветер, ураган, шквалы, вихри	Wind	m/s
2	Метеорология	63	Дождь	3	Сильный дождь	Rain	mm
3	Метеорология	96	Продолжительный дождь	3	Продолжительный дождь	Long-lasting rain	mm
4	Метеорология	64	Ливень	3	Ливень	Shower	mm
5	Метеорология	72	Смешанные осадки	2	Сильный мокрый снег	Mixed precipitation	mm
6	Метеорология	70	Снег	2	Сильный снег	Snow	mm
7	Метеорология	12	Гололед	2	Сильный гололед	Glaze	mm
8	Метеорология	65	Град	3	Крупный град	Hail	mm (diameter)
9	Метеорология	80	Гроза	3	Гроза	Thunderstorm	
10	Метеорология	22	Туман	9	Сильный туман	Fog	m (visibility)
11	Метеорология	43	Метель	2	Сильная метель	Snowstorm	m (visibility)
12	Метеорология	33	Пыльная буря	1	Пыльные бури	Dust storm	m (visibility)
13	Метеорология	97	Сильная жара	4	Сильная жара	High heat	°C
14	Метеорология	98	Сильный мороз	4	Сильный мороз	Severe frost	°C
15	Метеорология	105	Чрезвычайная пожаро-опасность	8	Природные пожары	Extreme inflammability	

Продолжение табл. 13

Вид Оя	Тип Оя	Код_метео	Название Оя	Ngr	Название_явления	Name of hazard	Unit
16	Метеорология	106	Сход снежных лавин	6	Лавины	Avalanching	
17	Метеорология		Снежные заносы	9	Снежные заносы	Snowdrifts	mm
19	Метеорология	18	Гололедица	2	Гололедица	Ice-crusted ground	
21	Метеорология	1	Смерч	1	Смерчи, торнадо	Whirlwind	
22	Метеорология	15	Сложные отложения	2	Налипание мокрого снега, сложные отложения	Snow deposits	mm (diameter)
24	Метеорология	102	Резкое повышение температуры	4	Резкое повышение температуры	Sharp temperature rise	°C
25	Метеорология	101	Резкое понижение температуры	4	Резкое понижение температуры	Sharp temperature fall	°C
26	Метеорология	103	Аномально низкая температура	4		Abnormally low temperature	°C (below normal)
31	Метеорология	100	КНЯ		Комплекс неблагоприятных явлений	Unfavorable meteorological events	
32	Метеорология	104	Аномально высокая температура	4		Abnormally high temperature	°C (below normal)
51	Агрометеорология		Заморозки	4	Заморозки	Frosts	°C
52	Агрометеорология		Переувлажнение почвы	9	Переувлажнение почвы	Soil overwetting	
53	Агрометеорология		Суховей	7	Суховей	Dry wind	
54	Агрометеорология		Засуха атмосферная	7	Засуха атмосферная	Air drought	

О к о н ч а н и е т а б л . 13

Вид ОЯ	Тип ОЯ	Код_ метео	Название ОЯ	Ngr	Название_ явления	Name of hazard	Unit
55	Агрометеорология		Засуха почвенная	7	Засуха почвенная	Soil drought	
56	Агрометеорология		Вымерзание растений	9	Вымерзание растений	Freezing of plants	
57	Агрометеорология		Выпревание растений	9	Выпревание растений	Asphyxiation of plants	
58	Агрометеорология		Ледяная корка	2	Ледяная корка	Glare	
59	Агрометеорология		Образование снежного покрова	9	Раннее образование снежного покрова	Formation of snow cover	
101	Гидрология		Половодье	5	Половодье	Snowmelt flood	
102	Гидрология		Паводок	5	Паводок	Flood	
103	Гидрология		Высокий уровень рек	5	Высокие уровни воды	High water level in rivers	
105	Гидрология		Низкая межень	9	Низкая межень	Low water	
106	Гидрология		Раннее ледообразование	9	Ранний ледостав	Early freeze-up	
107	Гидрология		Сель	6	Сели	Mudflow	
108	Гидрология		Затор	5	Затор	Ice jam	
109	Гидрология		Зажор	9	Зажор	Ice gorge	
113	Гидрология		Нагонные явления	5	Нагонные явления	Piled-up water	
114	Гидрология		Стонные явления	9	Стонные явления	Downsurge	
115	Гидрология		Оползни	9	Оползни	Landslide	
116	Гидрология		Наледи	9	Наледи	Icefield	

Т а б л и ц а 14

Отрасли экономики

Код отрасли	Название отрасли	Код подотрасли	Подотрасль	Наименование подотрасли
9	Транспорт и связь	9.3	Авиация	Деятельность воздушного транспорта
9	Транспорт и связь	9.1.2	АвтоТранспорт	Деятельность прочего сухопутного транспорта
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	5.3.3	Водосеть	Эксплуатация водопроводных распределительных сетей, канализационных сетей (с очистными сооружениями), распределение воды на коммунально-бытовые нужды и населению
3	Добыча полезных ископаемых	3.2	ДобычаИскоп	Добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических
3	Добыча полезных ископаемых	3.1	ДобычаТоплив	Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых
9	Транспорт и связь	9.1.1	Ж/Д	Деятельность железнодорожного транспорта
1	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	1.2	Л/Х	Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области
9	Транспорт и связь	9.2.1	Морск_Судох	Деятельность морского транспорта
20	Нанесение ущерба жизни и здоровью людей	20	Население	Нанесение ущерба жизни и здоровью людей
4	Обрабатывающие производства	4	Производство	Обрабатывающие производства
15	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	15	Прочее	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг
9	Транспорт и связь	9.2.2	Речн_Судох	Деятельность внутреннего водного транспорта

О к о н ч а н и е т а б л . 1 4

Код отрасли	Название отрасли	Код подотрасли	Подотрасль	Наименование подотрасли
2	Рыболовство, рыбоводство	2	Рыбоводство	Рыболовство, рыбоводство
1	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	1.1	С/Х	Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях
9	Транспорт и связь	9.5	Связь	Связь
6	Строительство	6	Строительство	Строительство
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	5.3.2	Теплосеть	Эксплуатация газовых, тепловых распределительных сетей, распределение газа и тепла на коммунально-бытовые нужды
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	5.1.2	ТеплоЭнерг	Производство, передача и распределение газообразного топлива, пара и горячей воды (тепловой энергии)
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	5.1.1	ЭлектроЭнерг	Производство, передача и распределение электроэнергии

Так как источником данных являются текстовые файлы, которые необходимо проанализировать и обобщить, то многое зависит от специалиста, проводящего анализ. Поэтому, прежде чем данные об ОЯ заносятся в базу, они корректируются, контролируются разными специалистами и в дальнейшем подвергаются общему визуальному контролю. База на начало 2018 года содержит 8138 записей за период с 1991 по 2017 год.

Заключение

Поскольку имеющаяся база сведений об ОЯ является исследовательской, она постоянно развивается и совершенствуется.

На основании этой базы сформированы в табличном виде по субъектам РФ и представлены на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (<http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri>) сведения об опасных и неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлениях, нанесших социальные и экономические потери за 1991–2017 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *РД 52.04.563–2013*. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями.
2. *РД 52.88.699–2008*. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений.
3. *Рекомендации* по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях, утвержденные 4 мая 2009 года Руководителем Росгидромета А. И. Бедрицким.

УДК 004.62: 551

ПОИСК И УДАЛЕНИЕ ОШИБОК ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАТА В ВЫБОРКАХ СУД АИСОРИ

С. Г. Давлетишин

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

Введение

Ошибки в гидрометеорологических данных могут быть вызваны различными факторами, такими как неисправность прибора для наблюдения, невнимательность наблюдателя, ошибочно пробитое отверстие на перфоленте или перфокарте. Но в данной статье рассматриваются ошибки, которые появляются из-за преобразования одного формата в другой. Такие ошибки являются причиной смещения значений метеорологических параметров со своих позиций, что приводит к недостоверности данных. Хотя сами значения вполне могут попадать в категорию допустимых.

Проведено множество исследований, посвященных разработке различных методик контроля качества гидрометеорологической информации. В [1] даны указания, в каких случаях следует применять простые методы контроля качества (при которых многие ошибочные значения могут быть допущены как правильные) и в каких случаях методы комплексного контроля качества (при которых многие правильные наблюдения могут быть забракованы). В [2] приводятся результаты контроля массива данных среднесуточной температуры воздуха, полученные с помощью двух основных методов оценки качества данных: логического контроля и контроля на толерантные пределы. Логический метод предназначен для проверки качественного соответствия разных метеорологических параметров. Толерантные пределы – это интервал значений, в пределах которого значение контролируемого параметра считается достоверным, а выход за пределы интервала означает, что значение ошибочно. В [3] указаны некоторые из

процедур контроля данных, которые применяются при подготовке региональных справочников и научно-прикладного справочника «Климат России» [4].

Разработанные до сих пор методики не привязаны к какому-то конкретному источнику данных, поэтому не предполагают наличия ошибок преобразования формата и связанных с ними проблем. Это довольно специфическая проблема, которая заслуживает отдельного решения. В данной статье описывается реализация такого решения автоматизированным способом.

Определение проблемы

Ниже приведен фрагмент файла с метеорологическими данными, который иллюстрирует проблему. Каждая запись файла состоит из следующих полей: год наблюдения, месяц наблюдения, координатный номер станции, день наблюдения, срок наблюдения, средняя скорость ветра, признак качества, средняя, минимальная и максимальная температуры поверхности почвы вместе со своими признаками качества, атмосферное давление на уровне станции, признак качества. Записи с ошибками преобразования формата и смещением ограничены красными линиями.

Некоторые из ошибочных значений видны «невооруженным глазом». Но есть и такие, которые вполне осмысленны и имеют признак качества допустимого значения (0 означает, что значение достоверно; 1 и 2 означают, что значение восстановлено и достоверно). Очевидно, что большинство значений будет забраковано при применении существующих методов контроля данных. Но какие-то из неверных значений все равно останутся, так как будут удовлетворять заданным критериям при проверке.

В СУД АИСОРИ существуют технологии для нормализации архивов данных, которые подробно описаны в [5]. Нормализованные данные – это те данные, которые прошли этапы тестирования и кондиционирования. Тестирование архива – это проверка файлов архива на наличие структурных дефектов (одним из которых и являются ошибки преобразования формата). Кондиционирование архива – это исправление структурных дефектов, обнаруженных при тестировании. Этап кондиционирования не

1987	5	5340891	6	12	3	0	34.9	2	34.9	2	35.0	0	941.3	0
1987	5	5340891	6	15	1	0	8.2	0	8.1	0	34.9	0	938.6	0
1987	5	5340891	7	18	5	0	2.0	0	2.0	0	8.5	0	939.5	0
1987	5	5340891	7	21	3	0	2.5	0	2.0	0	2.8	0	208.4	6
1987	5	5340891	7	0	32	4	-2.4	4	-25.6	4	51.2	4	208.4	7
1987	5	5340891	7	3	64	4	-38.4	0	-51.2	0	-76.8	4	208.5	4
1987	5	5340891	7	6	96	4	-2.4	4	89.6	0	-51.2	8	208.5	4
1987	5	5340891	7	9	64	4	-2.4	4	-76.8	4	89.6	8	106.1	4
1987	5	5340891	7	12	□□	4	-2.4	4	-12.8	4	-76.8	4	106.1	4
1987	5	5340891	7	15	0	4	-2.4	0	0.0	0	0.0	4	208.5	4
1987	5	5340891	8	18	0	4	-1.7	7	0.7	7	-64.0	0	208.5	4
1987	5	5340891	8	21	0	4	-1.7	7	13.5	6	-12.1	7	208.5	4
1987	5	5340891	8	0	0	4	-1.7	6	90.3	6	26.3	7	208.5	4
1987	5	5340891	8	3	0	4	-89.6	0	-88.9	6	89.6	4	208.5	4
1987	5	5340891	8	6	0	4	-2.4	4	-89.6	0	-89.6	4	208.5	4
1987	5	5340891	8	9	32	4	-2.4	4	76.8	4	25.6	4	208.5	4
1987	5	5340891	8	12	64	4	-2.4	4	□□□□	4	76.8	4	208.5	4
1987	5	5340891	8	15	0	4	-2.4	4	-25.6	4	-76.8	4	208.5	8
1987	5	5340891	9	18	64	4	-1.7	5	90.3	5	76.8	4	208.5	4
1987	5	5340891	9	21	96	4	-1.7	4	26.3	4	0.7	5	208.5	2
1987	5	5340891	9	0	0	4	-1.7	3	26.3	3	13.5	4	208.5	3
1987	5	5340891	9	3	0	4	-1.7	1	-24.9	3	26.3	1	208.5	4
1987	5	5340891	9	6	96	4	-2.4	4	-12.8	4	-76.8	4	208.5	1
1987	5	5340891	9	9	64	4	-2.4	4	76.8	4	-25.6	4	208.5	4
1987	5	5340891	9	12	32	4	-2.4	4	-51.2	4	76.8	4	208.5	3
1987	5	5340891	9	15	96	4	-1.7	6	-88.9	6	64.0	4	208.5	2
1987	5	5340891	10	18	□□	4	-1.7	5	□□□□	5	39.1	6	208.5	4
1987	5	5340891	10	21	96	4	-1.7	5	□□□□	5	□□□□	6	208.5	8
1987	5	5340891	10	0	96	4	-1.7	6	0.7	5	39.1	6	208.5	8
1987	5	5340891	10	3	64	4	-2.4	4	51.2	0	-12.8	4	208.5	4
1987	5	5340891	10	6	0	4	-2.4	4	□□□□	4	51.2	8	208.5	2
1987	5	5340891	10	9	48	4	-2.4	4	51.2	4	□□□□	6	208.5	2
1987	5	5340891	10	12	96	4	-2.4	2	12.8	4	-89.6	4	208.5	2
1987	5	5340891	10	15	32	4	-1.7	7	77.5	7	0.0	2	208.5	4
1987	5	5340891	11	18	64	4	-1.7	4	-37.7	3	-63.3	7	208.5	4
1987	5	5340891	11	21	96	4	-1.7	5	90.3	3	-37.7	6	208.5	4
1987	5	5340891	11	0	0	4	-1.7	4	-88.9	4	90.3	5	208.5	4
1987	5	5340891	11	3	96	4	-1.7	7	13.5	4	-88.9	7	208.5	4
1987	5	5340891	11	6	96	4	-2.4	8	13.5	7	12.8	4	208.5	2
1987	5	5340891	11	9	0	4	-2.4	4	76.8	4	-25.6	4	208.5	2
1987	5	5340891	11	12	32	4	-2.4	4	64.0	4	64.0	4	208.5	3
1987	5	5340891	11	15	0	4	-1.7	6	-76.1	6	-76.8	4	208.5	4
1987	5	5340891	12	18	2	0	-8.5	0	-8.7	0	-2.1	0	968.6	0
1987	5	5340891	12	21	2	0	-12.2	0	-12.5	0	-8.5	0	970.1	0
1987	5	5340891	12	0	0	0	-15.0	0	-15.2	0	-12.5	0	971.0	0
1987	5	5340891	12	3	1	0	-5.0	0	-5.2	0	-4.5	0	972.7	0

Рис. 1. Фрагмент файла архива ТМС с ошибками преобразования формата

может быть в полной мере формализован, так как исправление структурных ошибок опирается на некоторую неформальную методику, которая возникла в процессе работы с архивами. Поэтому даже после нормализации данных некоторые структурные дефекты остаются.

Цели и задачи

Целью работы является разработка программы для поиска и удаления в файлах с метаданными некорректных значений, полученных из-за наличия в архивах данных ошибок преобразования формата и сопутствующих им позиционных смещений.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выработать методику для выявления некорректных данных, описываемых в статье;
- 2) определить способ представления данных в оперативной памяти, который позволит легко ими манипулировать;
- 3) реализовать выработанную методику программно;
- 4) провести проверку корректности разработанной программы путем сравнения исходных данных с данными, «пропущенными» через программу.

Методика выявления некорректных данных

Наиболее простой ситуацией при поиске ошибок является наличие в записи символа «□». В этом случае можно применить следующее условие:

Если одно из полей текущей записи содержит символ «□», то эта запись повреждена.

Как видно из рис. 1, символ «□» есть только в небольшом количестве записей, но стоит отметить, что если в файле присутствует ошибка преобразования формата, то этот символ есть в нем всегда.

Ситуация, при которой в записи имеет место только позиционное смещение, несколько сложнее. В этом случае придется подсчитывать количество значений в записи, которые не укладываются в допустимые пределы. При достижении определенного количества неверных значений (N) можно будет сделать вывод о повреждении записи. В этом случае имеет место следующее условие.

Если количество полей с неверными значениями в текущей записи больше N, то запись повреждена.

Конечно, такое решение не дает стопроцентной гарантии нахождения ошибок, если запись состоит из небольшого количества полей.

Для данных из РСБД (режимно-справочный банк данных) «Метеорология» можно применить более простое и действенное решение. На рис. 1 предпоследним из полей записи является поле, которое хранит значение параметра «Атмосферное давление на уровне станции». В архивах ТМС и ТМСС (в которых ошибки встречаются в 95 % случаев) значение этого метеопараметра содержит 5 или 6 символов и на него позиционное смещение влияет особенно сильно. В таком случае можно обойтись проверкой на допустимое значение только для этого параметра (и/или для параметра «Атмосферное давление на уровне моря», которое состоит из такого же количества символов).

Если значение параметра «Атмосферное давление на уровне станции» не принадлежит заданному интервалу, то запись повреждена.

Стоит отметить, что именно это условие дает результат, близкий к идеальному.

Вполне возможно, что для других РСБД также существует параметр, на значении которого позиционное смещение сказывается сильнее, чем на значениях других параметров. Но это может быть установлено только эмпирическим путем.

Способ представления данных в оперативной памяти

Прежде чем произвести выборку данных из СУД Аисори, необходимо указать, какие именно параметры нужны пользователю. Нет никакой необходимости писать их вручную. При составлении запроса для выборки данных предоставляется возможность выбирать параметры простым нажатием левой кнопки мыши. Описание этого элемента добавляется в файл-запрос [6]. Это обычный текстовый файл, имеющий расширение «aql» (AQL – Aisori Query Language). Можно заметить одну интересную



Рис. 2. Запрос для обращения к СУД Аисори

особенность: каждая строка с описанием параметра имеет практически одинаковую структуру. Она содержит:

- уникальный идентификатор параметра;
- количество символов, отводимое для хранения значения параметра;
- количество знаков в десятичной части для дробных чисел;
- название параметра.

При помощи несложного синтаксического анализатора из файла-запроса извлекается нужная информация, которая используется для разбиения записи из файла с метеоданными на поля.

2	0	1	6	1	5	5	9	3	7	6	0	1	-	1	4	.	7	0	-	1	1	.	9	0	-	1	5	.	9	0			0	.	2	0
4				2								2				5			1			5		1				5				6			1	

Рис. 3. Разбиение записи из файла с метеоданными на поля

В программе определяется класс (назовем его **Field_description**), который будет хранить ту же информацию о поле, которая хранится в файле-запросе СУД АИСОРИ. В свою очередь класс **Record_description** будет содержать массив объектов класса **Field_description**. Наличие описания структуры записи позволит пользователю программы не беспокоиться о том, что нужно вручную задавать позиции полей в записи при вводе данных.

Представление метеорологических данных в оперативной памяти будет подобно представлению данных в текстовом файле. Файл (в программе объект класса **Datafile**) состоит из записей (массив объектов класса **Record**). Запись в свою очередь, состоит из полей (массив объектов класса **Field**). Объект класса **Field** содержит идентификатор метеорологического параметра, который добавляется туда при разбиении записи из текстового файла на поля. Помимо идентификатора, объект класса **Field** содержит значение метеорологического параметра и состояние значения (не пустое, пропущенное, содержит ошибку преобразования формата). При таком представлении данных по записям файла можно проходить при помощи цикла. Таким же образом можно проходить и по полям записи.

Между описанием записи и записями файла устанавливается взаимно-однозначное соответствие. Другими словами, каждой записи файла соответствует единственное описание.

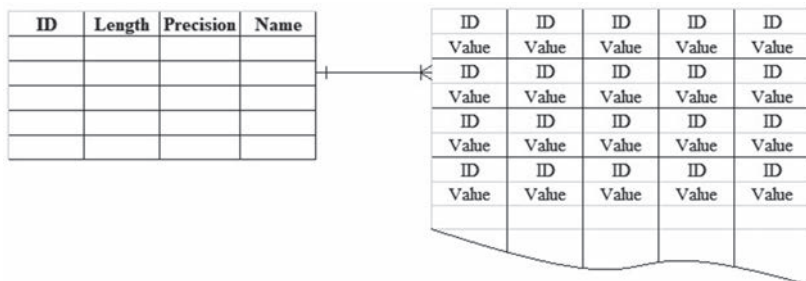


Рис. 4. Иллюстрация отношения между сущностями «Описание» и «Файл с записями»

Используя терминологию баз данных, можно сказать следующее. Идентификатор элемента (ID) является первичным внешним ключом. Между сущностями установлена связь мощностью «один ко многим». Каждой записи файла соответствует единственное описание, а описанию может соответствовать одна или более записей. Это отношение позволяет пользователю не беспокоиться об указании позиций при выводе данных в текстовый файл после их обработки.

Программная реализация поиска и удаления ошибок преобразования формата

Для написания программы был выбран язык C++. Он обладает высоким быстродействием, сможет корректно распознать ошибочный символ (его код 0x7F в кодировке ASCII). Кроме того, его стандартная библиотека содержит набор самых распространенных структур данных, такие как массив, списки, деревья, хэш-таблицы. При помощи этих структур данных относительно просто реализовать представление данных в оперативной памяти.

В первую очередь необходимо определить классы, при помощи которых данные представлены в оперативной памяти (определение приведено в упрощенном виде для краткости):

```
enum class Value_state {
    Good, // Значение существует и не содержит ошибок преобр.формата
    Missed, // Значение отсутствует
    Bad // Значение содержит ошибку преобразования формата
};

class Field {
    // ...
public:
    // функции для чтения и установки m_val и m_val_state
private:
    const string m_id;
    double m_val = -9999.9;
    Value_state m_val_state = Value_state::Missed;
};

class Record {
    // ...
private:
    // vector - массив, автоматически расширяющийся при
    // добавлении в него новых элементов
    vector<Field> m_fields;
};

class Datafile {
    // ...
private:
    Record_description m_rd;
    vector<Record> m_records;
};
```

Необходимо обратить внимание на то, что если объект класса Field создан, но еще не проинициализирован, то значение, которое он должен хранить, является отсутствующим.

Имея такое представление данных, написание функции для поиска поврежденных строк не представляет особого труда:

```
vector<int> search_damaged_records(const Datafile& df) {
    // Функция для поиска поврежденных записей в файле df
    // Возвращает массив с номерами поврежденных записей
    vector<int> damaged_records;
    for (int rec_ind = 0; rec_ind < df.size(); rec_ind++) {
        // Проход по записям файла
        Record curr_rec = df[rec_ind];
        for (int fld_ind = 0; fld_ind < curr_rec.size(); fld_ind++) {
            // Проход по полям текущей записи
            Field curr_fld = curr_rec[fld_ind];
            if (curr_fld.get_val_state() == Value_state::Bad) {
                // Поле содержит ошибочный символ. Запись повреждена,
                // добавляем её номер в массив, возвращаемый функцией
                damaged_records.push_back(rec_ind);
                // Текущая запись повреждена,
                // дальнейшая проверка записи не имеет смысла
                // Выход из внутреннего цикла for
                break;
            }
            else if (curr_fld.get_id() == «ДАВЛАСТМ») {
                // В предыдущих полях ошибочный символ найден не был
                // Проверка значения атмосферного давления
                double val = curr_fld.get_val();
                if (val < 600 || val > 1080) {
                    damaged_records.push_back(rec_ind);
                    break;
                }
            }
        }
    }
    return damaged_records;
}
```

Данные массива с номерами поврежденных записей используются в функции исправления поврежденных записей:

```
void correct_records(
    Datafile& df,
    const vector<string>& keys,
    const vector<int>& damaged_records)
{
    // Значения полей, за исключением ключей записи,
    // устанавливаются как пропущенные
    // Исправляются поля только тех записей,
    // номера которых содержатся в damaged_records
    for (int i = 0; i < damaged_records.size(); i++) {
        // Проход по поврежденным записям файла
        Record& curr_rec = df[i];
        for (int fld_ind = 0; fld_ind < curr_rec.size(); fld_ind++) {
            // Проход по полям текущей записи
            Field& curr_fld = curr_rec[fld_index];
            if (curr_fld.get_id().find(«.Q.») != string::npos) {
                // Текущее поле – это признак качества
            }
        }
    }
}
```

```

        curr_fld.set_val(7);
    }
    else if (is_not_key(curr_fld.get_id(), keys)) {
        // Текущее поле не ключ и не признак качества
        curr_fld.set_val_state(Value_state::Missed);
    }
} // Конец внутреннего цикла for
} // Конец внешнего цикла for
}

```

В этой функции проход осуществляется только по тем записям файла, которые содержат ошибки преобразования формата и смещение. В первом условии внутреннего цикла *for* проверяется, содержит ли текущее поле признак качества. Идентификатор признака качества всегда содержит на конце суффикс «.Q» (например, «ТЕМВСПСТ.Q»). Если условие истинно, то значение признака качества становится равным 7. Для архивов ТМС и ТМСС это означает, что значение метеопараметра отсутствует или забраковано. Во втором условии проверяется, не содержит ли поле один из ключей записи. Для архивов суточного разрешения ключами записи являются координатный номер станции, год наблюдения, месяц наблюдения, день наблюдения. В архивах срочных данных к ним добавляется еще и срок наблюдения. Ключ записи ни в коем случае не должен быть изменен.

В обеих функциях стоит особо отметить отсутствие дублирования кода, то есть для каждого поля не нужно писать отдельное условие *if*.

Вызывающая функция будет выглядеть следующим образом:

```

int main() {
    const string path_to_aql_query = «D:\Queries\TMS_test.aql»;
    // Создание описания структуры записи
    Record_description rd(path_to_aql_query);

    const string path_to_data = «D:\Data\Damaged_files\I1534089»;
    // Загрузка данных в оперативную память
    Datafile df(path_to_data, rd);

    // Поиск поврежденных записей
    vector<int> damaged_records = search_damaged_records(df);
    // Определение ключей записи
    vector<string> keys = { «ГОД», «МЕСЯЦ», «СТАНЦИЯ», «ДЕНЬ», «СРОК» };
    // Корректировка поврежденных записей
    correct_records(df, keys, damaged_records);

    // Вывод данных в текстовый файл
    // ...
}

```

Проверка корректности разработанной программы

Корректность разработанной программы проверяется путем сравнения файла с исходными данными и файла, обработанного программой. Сравнение можно произвести при помощи уже существующих программ (например UltraCompare или встроенной программы сравнения в TotalCommander). Ниже приведен результат сравнения, выполненный при помощи TotalCommander:

[illegible]

Рис. 5. Результат сравнения файла с исходными данными и файла, обработанного программой

Как видно из рис. 5, значения всех поврежденных полей метеорологических параметров установлены как пропущенные. Таким образом, последующие расчеты будут более корректны.

Заключение

В настоящей статье был описан процесс разработки автоматизированного способа для поиска и удаления ошибок преобразования формата в данных выборок СУД АИСОРИ. В ходе этого процесса были решены следующие задачи:

- разработана методика для выявления некорректных данных, описываемых в статье;
- определен способ представления данных в оперативной памяти, который позволяет легко ими манипулировать;
- создано программное обеспечение, реализующее методику выявления некорректных данных;
- выполнена проверка корректности разработанной программы путем сравнения исходных данных с данными, обработанными программой.

Основное отличие предложенного способа обработки некорректных данных от существующих способов заключается в том, что существующие способы не ориентированы на какую-то конкретную технологию получения данных, поэтому они не могут учитывать различные специфические проблемы, возникающие при использовании технологии. Несмотря на то, что предложенный метод разработан специально для данных, выбранных при помощи СУД АИСОРИ, он может быть полезен, так как данные этих выборок используются в больших проектах как, например, специализированные массивы для климатических исследований и научно-прикладной справочник «Климат России».

Разработанное программное обеспечение использовалось при подготовке обновленной версии справочника. В результирующих протоколах выборки исходных данных содержалась информация о наличии более 500 файлов с ошибками преобразования формата. Исправление такого большого количества файлов вручную потребовало бы огромных затрат как человеческих, так и временных ресурсов.

К основным достоинствам разработанной программы можно отнести:

- пользователю не нужно явно указывать позиции полей в записи при вводе данных в программу и при выводе данных из программы, так как для описания структуры записи используется информация, автоматически сгенерированная редактором запросов АИСОРИ;
- высокое быстродействие, что немаловажно при использовании больших объемов данных;

- отсутствие дублирования кода при однообразных действиях над полями записи.

Возможным развитием программы является добавление в нее традиционных методов контроля данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О.А., Черных И.В. Принципы контроля качества массивов результатов радиозондирования атмосферы // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 92–101.
2. Степаненко С.Р., Воронцов А.А. Оценка качества массива суточных значений температуры воздуха // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. Вып. 174. С. 162–174.
3. Аристова Л.Н., Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Кориунова Н.Н. Автоматизированная система формирования региональных справочных пособий по климатическим условиям различных регионов Российской Федерации // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. Вып. 175. С. 253–264.
4. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Кориунова Н.Н., Разуваев В.Н. Научно-прикладной электронный справочник «Климат России» // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. Вып. 176. С. 302–312.
5. Веселов В.М. Структура и информационные технологии баз и банков архивных данных Госфонда (1976–2006 гг.) // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2007. Вып. 172. С. 38–59.
6. Веселов В.М., Прибыльская И.Р. Язык запросов Анисори. Руководство пользователя. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1996. 26 с.

УДК [551.501+556.043+551.46]:43

**ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ БАЗЫ
ОРГАНИЗАЦИОННО-РАСПОРЯДИТЕЛЬНЫХ,
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ
И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОЮЗНОГО
ГОСУДАРСТВА В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДОЙ СРЕДЫ**

И. И. Кашина¹, А. А. Кузнецов²

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

¹ kii@meteo.ru, ² kuznet@meteo.ru

Одной из задач, поставленных в Программе Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства» на 2017–2021 годы, является развитие и гармонизация единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды.

Целью развития единой методической базы Союзного государства является обеспечение единого подхода при разработке научно-методических и организационно-распорядительных актов и документов, регламентирующих деятельность в рамках Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды, а также унификация используемых в этих актах и документах терминов и определений.

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» совместно с НПО «Тайфун» в рамках контракта с Росгидрометом выполняют научно-исследовательскую работу, направленную на реализацию поставленной задачи. Одной из базовых составляющих этой работы является развитие инфологической модели единой базы организационно-распорядительных, нормативно-правовых, научно-методических документов и ее реализация в виде информационной поисковой системы с удаленным доступом.

При выполнении данного исследования использованы результаты работ, выполнявшихся в рамках проектов 6, 8 Программы Союзного государства в 1998–2011 гг. по ведению полнотекстовой базы правовых документов Российской Федерации и Республики Беларусь в области гидрометеорологии и загрязнения природной среды [1–3].

В ряду основных методических проблем, которые приходится решать при проектировании единой базы организационно-распорядительных, нормативных-правовых и научно-методических документов следует выделить следующие:

- определение минимального состава атрибутов описания документов, соответствующего принятым стандартам и обеспечивающего основные потребности пользователей для задания условий поиска;
- применение нескольких систем классификации для индексации и поиска документов, в частности Классификатора правовых актов Российской Федерации и Единого правового классификатора Республики Беларусь [4, 5] для организационно-распорядительных и нормативно-правовых документов, государственного рубрикатора научно-технической информации для научно-методических документов;
- разработка дружественного интерфейса пользователя, обеспечивающего в удаленном режиме как формирование базы данных, так и доступ к документам.

В табл. 1 приведен минимальный состав атрибутов, который должен обеспечить надлежащее формирование базы документов и удовлетворить основные потребности пользователей для задания условий их поиска.

Таблица 1

**Минимальный состав атрибутов описания
организационно-распорядительных, нормативных
и научно-методических документов**

№ п/п	Имя поля	Содержание поля
1	Номер документа в БД	Учетный номер, присваиваемый документу при вводе в БД
2	Тип	Тип документа (нормативный правовой, нормативный, индивидуальный, методический)

Продолжение табл. 1

№ п/п	Имя поля	Содержание поля
3	Вид	Вид документа (указ, закон, постановление, приказ, распоряжение, положение, инструкция, руководящий документ, рекомендации....)
5	Язык	Язык документа
6	Дата	Дата принятия правового акта
7	Номер	Номер, присвоенный документу правотворческим органом
8	Орган	Наименование (идентификатор) правотворческого органа, принявшего данный документ
9	Название	Название документа
10	Название серии	Название серии документа, например РДГ 01–2008
11	Объем документа	Количество страниц в документе
12	Дата опубликования	Дата опубликования нормативного акта в официальном источнике
13	Источник	Официальный источник опубликования, издательство
14	Город	Место опубликования
15	Статус	Действующий или недействующий нормативный документ
16	Дата вступления в силу	Дата вступления в силу нормативного акта
17	Дата отмены	Дата отмены нормативного акта
18	Дата поступления	Дата поступления документа в фонд
19	Доступ	Индекс прав доступа
20	Имя файла	Путь/Имя файла, содержащего электронную копию документа
21	Номер заменяемого документа	Номер документа, взамен которого поступил регистрируемый документ
22	Ссылка на связанный документ	Ссылка на связанное приложение (может быть несколько)
23	Дата и время создания записи в БД	
24	Дата и время модификации записи в БД	
25	Краткое содержание документа	
26	Индекс ISBN	Индекс ISBN

О к о н ч а н и е т а б л . 1

№ п/п	Имя поля	Содержание поля
27	Рубрикатор РФ	Индекс документа в правовом классификаторе Российской Федерации (допускается указание нескольких индексов)
28	Рубрикатор РБ	Индекс документа в правовом классификаторе Республики Беларусь (допускается указание нескольких индексов)
29	Рубрикатор ГРНТИ	Индекс документа ГРНТИ (допускается указание нескольких индексов). Применяется только для научно-методических документов.
30	Авторы	Ф.И.О. автора (допускается указание нескольких авторов)

Подбор документов для включения в базу ведется на основе прямых указаний аппарата Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды, а также из других источников в соответствии с основными направлениями деятельности, определенными Постановлением Совета Министров Союзного государства от 29.04.2003 г. №10 [6]:

- сохранение и развитие оптимальных сетей наблюдений, обеспечивающих в заданных пространственных и временных интервалах получение данных о состоянии и загрязнении природной среды в соответствии с едиными действующими наставлениями и руководствами, а также рекомендациями Всемирной метеорологической организации;

- создание, развитие и использование единых методов наблюдений, измерений, обработки, передачи данных и доведения до потребителей фактической и прогностической гидрометеорологической информации и данных о загрязнении природной среды;

- обеспечение на единой научно-методической и организационной основе органов государственного управления, населения, экономики и Вооруженных сил Республики Беларусь и Российской Федерации данными и информацией о фактических и прогнозируемых погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды, включая опасные и особо опасные гидрометеорологические явления;

- обеспечение единой технологии обработки и хранения режимной гидрометеорологической информации и данных о загрязнении природной среды, формирования баз данных с использованием для этих целей унифицированного программно-математического обеспечения;

- осуществление единой научно-технической политики, включая подготовку и реализацию программ и разработок Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды;

- участие в решении глобальных и региональных проблем оценки состояния природной среды, включая мониторинг ее загрязнения, выполнение соответствующих международных договоров и конвенций;

- создание и обеспечение функционирования системы оперативного оповещения о чрезвычайных гидрометеорологических и радиационно-экологических ситуациях.

Единая электронная база документов включает:

- межгосударственные нормативные правовые документы в области гидрометеорологии и загрязнения природной среды;

- государственные нормативные правовые документы Российской Федерации и Республики Беларусь в области гидрометеорологии и загрязнения природной среды;

- организационно-распорядительные документы Российской Федерации и Республики Беларусь в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды;

- организационно-распорядительные документы Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды;

- научно-методические документы в области гидрометеорологии и загрязнения природной среды.

В рамках Контракта в 2017–2018 гг. решалась задача преобразования и актуализации созданного ранее в 2007–2011 гг. фонда организационно-распорядительных и правовых актов (358 документов).

В процессе актуализации был проведен анализ на соответствие документов основным направлениям деятельности

Союзного государства, перечисленным ранее, действующему на настоящий момент законодательству Республики Беларусь и Российской Федерации.

В результате проведенного анализа объем базы сократился до 260 документов, из них 200 правовых документов Российской Федерации и 60 документов Республики Беларусь.

Значительная работа была проведена по гармонизации классификаторов правовых актов Российской Федерации и Республики Беларусь. Под гармонизацией в данном случае рассматривался процесс согласования рубрик классификаторов с сохранением их содержания в соответствии с национальными законодательствами [7].

Процесс гармонизации осложнялся:

- Различиями, заложенными в основы классификаций и обусловленные отличиями государственного устройства, и организации хозяйственной деятельности Республики Беларусь и Российской Федерации. Поэтому близкие по содержанию документы оказывались в далеких классах.

Например, в классификаторе России одна рубрика – Учет. Отчетность. Статистика, в классификаторе Республики Беларусь – три рубрики из разных классов.

- Различной степенью детализации. Например, классификатор Республики Беларусь содержит одну общую рубрику – Гидрометеорология, классификатор России включает еще 8 подразбук.

- Отсутствие отдельных рубрик. Например, в классификаторе Республики Беларусь отсутствуют рубрики – Космическая деятельность, Правовой режим Арктики и Антарктики и т.п.

Подготовлен макет таблицы соответствия рубрик классификатора правовых актов Российской Федерации и рубрик Единого правового классификатора Республики Беларусь. В таблицу вошли 79 рубрик Российского классификатора и 59 рубрик классификатора Республики Беларусь. Фрагмент макета представлен в табл. 2.

Всем 260 документам единой базы присвоены индексы классификаторов из макета (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Фрагмент макета таблицы соответствий рубрик классификатора правовых актов Российской Федерации и рубрик Единого правового классификатора Республики Беларусь

Рубрика классификатора РФ	Рубрика классификатора РБ	Наименование рубрики РФ	Наименование рубрики РБ	Содержание рубрики РФ	Содержание рубрики РБ
1	2	3	4	5	6
110.000.000	11	Природные ресурсы и охрана окружающей среды	Законодательство об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов	Общие положения. Полномочия государственных органов и органов местного самоуправления в области охраны окружающей среды. Экологические права и обязанности граждан и юридических лиц	Общие положения законодательства об охране окружающей среды (лицензирование деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду – см. 04.01.03)
110.040.000	11.06	Использование и охрана вод	Законодательство об охране и использовании вод	Общие положения. Полномочия государства в области использования и охраны вод. Нормирование в области использования и охраны водных объектов. Право собственности и другие вещные права на водные объекты	Общие положения законодательства об охране и использовании вод. Нормирование в области охраны и использования вод. Право собственности на воды
110.040.030	11.06.03.00	Государственный учет поверхностных и подземных вод. Государственный водный кадастр	Государственный водный кадастр	Водохозяйственные балансы. Мониторинг водных объектов	Учет добываемых подземных вод, изымаемых поверхностных вод и сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду. Мониторинг поверхностных вод и мониторинг подземных вод

Единая методическая база Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды является приоритетным мероприятием, обеспечивающим условия эффективной реализации всех мероприятий Программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства» на 2017–2021 гг.

Последующие этапы по Контракту предусматривают пополнение базы за счет документов, разработанных в годы, предшествующие выполнению данной работы, а также вновь подготовленных в период 2017–2021 гг., дальнейшей гармонизации классификаторов в ходе эксплуатации базы, модернизации технологии ведения базы.

Документы, собранные в базе данных, в первую очередь будут использованы Комитетом Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды в своей деятельности, а также организациями, участвующими в реализации проектов по программе «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства». Через сайт Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды (<http://www.rusbelmeteo.ru>) документы будут доступны всем заинтересованным пользователям.

Заключение

В статье представлены текущие результаты работы по решению одной из важных задач по созданию единой методической базы деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды, а именно: формированию актуализированного электронного фонда организационно-распорядительных, нормативных и научно-методических документов (с удаленным доступом).

Решение этой задачи в комплексе с модернизацией технологии ведения фонда и развитием Интернет-ресурса Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды будет способствовать развитию единых научно-методических принципов функционирования

Гидрометслужбы Союзного государства на основе единого фонда нормативных правовых, организационно-распорядительных и научно-методических документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев Н.П., Сомова С.М., Беспрозванных А.В., Готовченкова И.Л., Кашина И.И. Развитие единых автоматизированных систем обработки гидрометеорологических данных и формирование единой базы нормативных документов // Метеоспектр. 2012. № 3. С. 42–45.
2. Кашина И.И., Казаринова М.Т., Сараева Л.С. Формирование единой базы нормативных документов как основа правового и технического регулирования в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды Республики Беларусь и Российской Федерации // Метеоспектр. 2012. № 3. С. 103–105.
3. Ковалев Н.П., Кашина И.И., Сараева Л.С., Балбуцкий И.М., Суслов Н.М. Разработка и формирование нормативной правовой базы Единой гидрометеорологической службы Союзного государства // Сборник докладов научно-практической конференции «Десять лет сотрудничества России и Беларуси в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды и перспективы его дальнейшего развития», Москва, 12–14 декабря 2006 г. – М.: Библиотечка «Российской газеты», 2007. С. 60.
4. О классификаторе правовых актов: Указ Президента Российской Федерации от 15.03.2000 г. № 511 (с изменениями от 5.10.2002 г.) // Собрание Законодательства РФ. 2000. № 12. Ст. 1260. С. 2645–2676.
5. Единый правовой классификатор Республики Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь от 04.01.1999. № 1 (ред. от 15.08.2017 г.).
6. О Положении о Комитете Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды: Постановление Совета Министров Союзного Государства от 29 апреля 2003 г. № 10.
7. Томашевский К.Л. Унификация Трудового законодательства Российской Федерации и Республики Беларусь в рамках Союзного государства // Актуальные проблемы российского права. 2017. № 1. С. 151–158.

Сборник научных трудов

Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Выпуск 182

Подписано к печати 16.10.2018 г. Формат 60×84/16.

Печать офсетная. Печ. л. 11,39. Тираж 300 экз. Заказ № 22.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск, ул. Королёва, 6.

УДК 551.501.75 (470+571)

Мониторинг режима ветра на территории Российской Федерации.

Булыгина О.Н., Дементьева Т.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 8–18.

Описание технологии ежегодного мониторинга режима ветра у поверхности земли на территории РФ по оперативным данным наблюдений. В технологию включены расчет показателей аномальности и экстремальности текущего состояния, оценка региональных изменений характеристик ветра. Указанная технология использована для мониторинга режима ветра на примере 2017 года.

Ключевые слова: мониторинг, режим ветра, квазиоднородные климатические регионы, средняя скорость ветра, направление ветра.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК 551.553.6

Оценка климатических характеристик скорости ветра в приземном слое атмосферы по радиозондовым измерениям. Хохлова А.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 19–28.

Рассмотрен алгоритм получения климатических характеристик ветра на заданной высоте в приземном слое атмосферы до 100–120 м по данным радиозондирования. Скорость и направление ветра на заданной высоте определяются для каждого зондирования путем интерполяции/экстраполяции по данным наблюдений на двух нижних уровнях, при этом используется степенной или логарифмический закон возрастания скорости ветра с высотой. Знание характеристик ветра на заданной высоте позволяет получать средние значения и повторяемость по направлениям и градациям (розы ветров). В качестве примера выполнены расчеты повторяемости по данным четырех российских аэрологических станций для высот 25 и 75 м. Для этих станций получены также средние значения параметров степенного и логарифмического законов.

Ключевые слова: скорость ветра, роза ветров, приземный слой атмосферы, климатические характеристики, радиозондовые наблюдения.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК [551.501.721:551.521.11] (470+571)

Мониторинг продолжительности солнечного сияния на территории России.
Клещенко Л. К. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 29–46.

Рассматривается содержание раздела климатического бюллетеня ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с результатами мониторинга продолжительности солнечного сияния на территории РФ. Этот раздел состоит из двух частей: первая включает данные об аномалиях истекшего года, вторая – обновленные (с учетом этих данных) оценки современных тенденций в изменении продолжительности солнечного сияния на территории России.

Бюллетень содержит пространственные распределения локальных оценок и их обобщения для физико-географических регионов и федеральных округов РФ, а также временные ряды их многолетних изменений. На примере анализа данных за 2017 год показаны основные характеристики продолжительности солнечного сияния и формы их представления в бюллетене.

Ключевые слова: мониторинг, бюллетень, продолжительность солнечного сияния, аномалии, оценки линейного тренда.

Ил. 8. Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 551.5

Региональные проявления возмущений в полях давления и температуры воздуха в результате циклических внешних воздействий на климатическую систему. Шерстюков Б. Г. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 47–66.

Методом наложения эпох выделяется связь изменения скорости вращения Земли с изменением склонения Луны на интервале сидерического лунного месяца и при этом оцениваются изменения давления и температуры воздуха на 8376 метеорологических станций Северного и Южного полушарий Земли по ежедневными данными за период 1971–2015 гг.

Показано, что вклад склонения Луны в изменения скорости вращения Земли составляют около 83 % от общей дисперсии скорости вращения. При этом происходят изменения в давлении и температуре воздуха наиболее заметные в летнем полушарии. Летом вклад лунного эффекта в общую дисперсию аномалий давления и температуры в основных очагах составляет 40 % и более. Ослабление зимой лунного вклада в общую изменчивость давления и температуры объясняется известной более сильной изменчивостью метеорологических величин в холодное полугодие по сравнению с летней изменчивостью.

Ключевые слова: температура воздуха, давление воздуха, склонение Луны, вращение Земли.

Ил. 3. Библиогр. 8.

УДК [556.535.2+551.577.6+632.123.1]

Вероятностная оценка возникновения опасных гидрологических явлений в Нижегородской области. Гниломедов Е. В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 67–77.

В статье рассмотрены методы вероятностных оценок опасных гидрологических явлений на примере рек Нижегородской области. Выявлены и наглядно представлены на карте области места наиболее вероятного их возникновения. Определены и графически представлены временные тренды изменения вероятности ОГЯ на конкретных участках речной сети.

Ключевые слова: опасное гидрологическое явление, наводнение, половодье, паводок, затор, зажор, маловодье, вероятностная оценка, обеспеченность, повторяемость, уровень воды.

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК [551.557:551.510.52]: 551.508.822(985)

Долгопериодные оценки скорости ветра и ее составляющих в нижней тропосфере над Арктикой РФ по результатам радиозондирования атмосферы. Алдухов О. А., Черных И. В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 78–100.

Представлены новые результаты о пространственно-временных особенностях статистической структуры скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих в нижнем слое тропосферы над Арктикой РФ от поверхности земли до высоты 2 км для разного временного масштаба осреднения. Расчеты выполнены на основе данных радиозондовых наблюдений за атмосферой за период 1964–2016 гг. Данные прошли процедуру комплексного контроля качества и процедуру контроля, разработанного специально для нижнего слоя тропосферы. Для расчетов скорости ветра, ее зональной и меридиональной составляющих в слое тропосферы 0–2 км использован метод сплайновой интерполяции на базе кубического сплайна Акимы.

Ключевые слова: Арктика РФ, данные радиозондовых наблюдений, нижняя тропосфера, скорость ветра, зональная и меридиональная составляющие, статистические характеристики.

Ил. 5. Табл. 4. Библиогр. 18.

УДК 551.501:004

Специализированный массив данных гололедно-изморозевых явлений для мониторинга климата и климатических исследований. Аржанова Н.М., Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 101–110.

В статье описывается специализированный массив характеристик гололедно-изморозевых явлений по данным сети метеорологических станций России. Рассмотрены основные принципы наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями на метеостанциях. В качестве примера использования созданного специализированного массива приведены оценки региональных изменений основных характеристик гололедных явлений с учетом информации на территории России.

Ключевые слова: гололедно-изморозевые явления, специализированный массив, данные, климатические исследования.

Ил. 3. Библиогр. 26.

УДК 551.465

Изменения уровня моря в Арктическом регионе за последние десятилетия. Воронцов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 111–118.

Рассмотрены характеристики изменения уровня моря по данным отобранных гидрометеорологических станций на побережье морей Арктического региона (Баренцево, Белое, Карское моря, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) за период 1977–2017 гг. Проведенные расчеты подтвердили положительный тренд изменений уровня моря в последние 40 лет. Средний климатический тренд уровня моря составил +0,88 см/10 лет.

Ключевые слова: уровень моря, гидрометстанция, арктическое побережье, статистические характеристики, тренд.

Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 551.465.7

Климатические особенности повторяемости циклонов с различной интенсивностью осадков в Северной Атлантике и Европе. Вязилова Н.А., Вязилов А.Е. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 119–128.

Рассматриваются среднеемноголетние особенности пространственной изменчивости повторяемости внетропических циклонов с различной интенсивностью осадков в летнюю и зимнюю половину года в Северной Атлантике и Европе. Исследуется взаимосвязь между интенсивностью осадков внетропических циклонов и их глубиной. Показано, что за период исследования увеличилась доля экстремально глубоких циклонов, сопровождающихся высокой интенсивностью атмосферных осадков.

Ключевые слова: внетропические циклоны, интенсивность осадков.

Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. 14.

УДК 551.501.711(470)

Анализ изменчивости режима влажности на территории России за последние десятилетия. Кузнецова В.Н., Швець Н.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 129–143.

Проведен анализ изменчивости парциального давления водяного пара по данным 1300 метеорологических станций по квазиоднородным климатическим районам России за период с 1939–2016 год. Получены сезонные и годовые коэффициенты линейного тренда по районам. Рассмотрены некоторые особенности изменения режима влажности на территории России в зависимости от сезона года и географического района. Показано увеличение влажности в целом за весь период с 1939–2016 год по России. Отдельно рассмотрены значения коэффициента линейного тренда за периоды с 1939 по 1975, с 1976 по 2006, с 2006 по 2016 год. В последнее десятилетие отмечена тенденция уменьшения роста влажности на большей части территории России, за исключением арктических районов РФ. Обнаружена обратная корреляционная связь между влажностью воздуха и площадью морских льдов в Арктике в весенне-летне-осенние сезоны.

Ключевые слова: данные метеорологических наблюдений, изменчивость климата, влажность воздуха, тренды, колебания климата.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. 30.

УДК 551.579:681.3.016

Структура и содержание базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, нанесших материальный и социальный ущерб. Ш а м и н С . И . Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 144–158.

Приведена структура и содержание базы сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, нанесших материальный и социальный ущерб, созданной в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления.

Ил. 1. Табл. 14. Библиогр. 3.

УДК 004.62: 551

Поиск и удаление ошибок преобразования формата в выборках СУД Аисори. Д а в л е т ш и н С . Г . Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 159–171.

В статье описывается проблема некорректных данных в выборках СУД АИСОРИ, причина которой – ошибочное преобразование хранимого формата в выходной формат. Предложено решение данной проблемы автоматизированным способом, которое заключается в поиске и удалении ошибочных данных.

Ключевые слова: ошибки преобразования формата, позиционное смещение, язык запросов АИСОРИ, гидрометеорологические данные, контроль данных.

Ил. 5. Библиогр. 6.

УДК [551.501+556.043+551.46]:43

Формирование единой базы организационно-распорядительных, нормативно-правовых и научно-методических документов для обеспечения деятельности Союзного государства в области гидрометеорологии и загрязнения природой среды. Кашина И.И., Кузнецов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 172–180.

Рассмотрены методические вопросы формирования базы организационно-распорядительных, нормативно-правовых и научно-методических документов для обеспечения деятельности Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды.

Ключевые слова: Союзное государство, единая гидрометслужба, классификатор правовых актов, база нормативно-правовых документов, гармонизация правовых актов.

Табл. 2. Библиогр. 7.

UDC 551.501.75(470+571)**Wind conditions monitoring over the area of the Russian Federation.**

Bulygina O.N., Dementieva T.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 8–18.

Technology of surface wind conditions monitoring over the Russian area is described from real-time observation data. The technology calculates indicators of the current state abnormality and extremeness and evaluates regional changes in wind characteristics. This technology is used in wind conditions monitoring, with the 2017 case taken as an example.

Keywords: wind, wind speed, wind direction, maximum wind speed, quasi-homogeneous climatic regions, linear trend coefficient.

Fig. 3. Tab. 1. Ref. 6.

UDC 551.553.6

Evaluation of climatic characteristics of wind speed in the atmospheric surface layer by radiosonde measurements. Khokhlova A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 19–28.

The method of obtaining wind climatic characteristics at the given height in the lower atmosphere up to 100–120 m from radiosonde data is considered. Wind speed and direction at the given height are determined for each profile by interpolation/extrapolation from observations at two lower levels using power or logarithmic law of wind speed increase with height. Knowledge of wind characteristics at the given height allows obtaining average values and frequency of occurrence by directions and values (wind roses). As an example, calculations of wind speed frequency are carried out from the data of four Russian upper-air stations for 25- and 75-m heights. The average values of power and logarithmic laws parameters are also obtained for these stations.

Keywords: wind speed, wind rose, atmosphere surface layer, climatic characteristics, radiosonde measurements.

Fig. 2. Tab. 1. Ref. 6.

UDC [551.501.721:551.521.11] (470+571)

Monitoring of sunshine duration over the Russian territory.
Kleshchenko L. K. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 29–46.

The results of the sunshine duration monitoring over the Russian territory included in the section of the Climate Bulletin of RIHMI-WDC are considered. This section consists of the two parts: the first one includes data on anomalies for the expired year, the second includes updated estimates (with regard to these data) of current trends for the change in sunshine duration over the Russian territory.

The Bulletin contains space distributions of local estimates and their generalization for physical and geographical regions and federal districts of Russia, as well as time series of their long-term variations. The analysis of sunshine duration data for 2017 was taken as an example to show major characteristics of sunshine duration and forms of their presentation in the Bulletin.

Keywords: monitoring, Bulletin, sunshine duration, anomalies, linear trend estimates.

Fig. 8. Tab. 5. Ref. 7.

UDC 551.5

Regional manifestation of disturbances of pressure and air temperature fields as a result of cyclic external influences on the climate system. Sherstyukov B. G. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 47–66.

By a method of applying the epochs, the relationship between the change in the Earth's rotation speed and the variation of the moon's declination over the interval of the sidereal lunar month is singled out, and changes in air pressure and temperature are estimated at 8376 meteorological stations of the northern and southern hemispheres of the Earth according to daily data for the period 1971–2015.

It is shown that the contribution of the declination of the Moon in changes in the Earth's rotation speed is about 83% of the total dispersion of the rotation speed. At the same time, changes in air pressure and temperature are most noticeable in the summer hemisphere. The contribution of the lunar effect to the total dispersion of pressure and temperature anomalies in the main places is 40 % or more. The winter weakening of the lunar contribution to the overall variability of pressure and temperature is due to the known more pronounced variability of meteorological values in the cold six-month period compared with summer variability.

Keywords: air temperature, air pressure, moon declination, Earth rotation.

Fig. 3. Ref. 8.

UDC [556.535.2+551.577.6+632.123.1]

Probabilistic assessment of the rise of hydrological hazards in the Nizhny Novgorod region. Gnilomedov E. V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 67–77.

The article describes methods of probabilistic assessments of hydrological hazards using rivers in the Nizhny Novgorod region as an example. The areas of their most likely occurrence are identified and clearly presented on the map. Time trends of the change in hydrological hazards probability at specific sites of the river network are defined and graphically presented.

Keywords: hydrological hazards, flood, congestion, low water period, probabilistic assessments, repeatability, water level.

Fig. 5. Tab. 2. Ref. 6.

UDC [551.557:551.510.52]: 551.508.822(985)

Long-term estimations of wind speed and its components in the low troposphere over the Russian Arctic region from results of atmospheric radiosounding. Aldukhov O. A., Chernykh I. V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 78–100.

New results are presented of the space-time features of statistical structure of the wind speed, its zonal and meridional components in the low troposphere over the Russian Arctic region from the surface to the 2-km height for the different averaging time scale.

The calculations are based on the atmosphere radiosounding data for the observational period 1964–2016. The data were subject to complex quality control procedure. Another quality control procedure was developed especially for the low troposphere. The Akima cubic spline interpolation method is used for calculating the wind speed, its zonal and meridional components in the tropospheric layer 0–2 km.

Keywords: Russian Arctic region, radiosounding data, low troposphere, wind speed, zonal and meridional components, statistical characteristics.

Fig. 5. Tab. 4. Ref. 18.

UDC 551.501:004

Specialized data set of glaze and rime phenomena for climate monitoring and climate research. Arzhanova N.N., Bulygina O.N., Korshunova N.N. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 101–110.

The paper describes a specialized data set of glaze and rime phenomena by using data from Russian meteorological stations. Main principles of glaze and rime deposits observation at meteorological stations are considered. Estimates of regional changes in main characteristics of glaze phenomena are taken as an example of using the specialized data set with regard to the information for the Russian territory.

Keywords: glaze and rime phenomena, specialized data set, data, climate research.

Fig. 3. Ref. 26.

UDC 551.465

Changes in the sea level in the Arctic region for the last decades. Vorontsov A.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 111–118.

Characteristics of the sea level variability from the data of selected hydrometeorological stations on the coasts of the Arctic seas (Barents, White, Kara, Laptev, East Siberian and Chukchi Seas) are considered for the period 1977–2017. The calculations have confirmed a positive trend of sea level changes in the last 40 years. The average climatic trend of sea level was +0.88 cm/decade.

Keywords: sea level, hydrometeorological station, Arctic coast, statistical characteristics, trend.

Fig. 1. Tab. 3. Ref. 9.

UDC 551.465.7

Climatic features of the frequency of cyclones with different precipitation intensity in the North Atlantic and Europe. Vyazilova N.A., Vyazilov A.E. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 119–128.

The paper presents mean long-term features of spatial variability of the frequency of extratropical cyclones with different precipitation intensity during winter and summer seasons in the North Atlantic and Europe. The relationship between the precipitation intensity and cyclones depth is studied. The number of extremely deep cyclones with pressure under 970 hPa and high precipitation intensity is shown to increase over the last decades.

Keywords: extratropical cyclones, precipitation intensity.

Fig. 3. Tab. 2. Ref. 14.

UDC 551.501.711(470)

Analyzing humidity conditions variability over the Russian territory for the past decades. Kuznetsova V.N., Shvets N.V. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 129–143.

Water vapour partial pressure variability is analyzed from data obtained at 1300 meteorological stations over quasi-homogeneous climate regions of Russia for the period 1939–2016. Regional seasonal and annual linear trend coefficients are obtained. Specific features of humidity conditions variability over the Russian territory are examined in accordance with season and geographical region. Humidity growth over Russia is shown for the whole period 1939–2016. Linear trend coefficients for the periods 1939–1975, 1976–2006 and 2006–2016 are considered individually. In the last decade, humidity growth tends to decrease over most of the Russian territory, except for the Russian Arctic regions. Inverse correlation is found between air humidity and the Arctic sea ice area in spring, summer and autumn seasons.

Keywords: meteorological observations, climate variability, air humidity, trends, climate variation.

Fig. 3. Tab. 3. Ref. 30.

UDC 551.579:681.3.016

Structure and content of the database of hazardous and unfavourable hydrometeorological events that did damage to the economy and population of the Russian Federation. Shamin S.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 144–158.

Structure and content of RIHMI-WDC's database of hazardous and unfavourable hydrometeorological events that did damage to the economy and population of the Russian Federation are considered.

Keywords: hydrometeorological hazards.

Fig. 1. Tab. 14. Ref. 3.

UDC 004.62: 551

Search and deletion of the format conversion errors in selections of DMS Aisori. Davletshin S.G. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 159–171.

This paper describes a problem of incorrect hydrometeorological data. These data are selected from the data management system (DMS) Aisori. The reason for this problem is wrong conversion from a storage format to an output format. It is suggested that this problem be solved through the automated search and deletion of incorrect data.

Keywords: format conversion errors, position offset, Aisori query language, hydrometeorological data, data control.

Fig. 5. Ref. 6.

UDC [551.501+556.043+551.46]:43

Formation of the unified database of organizational and administrative, regulatory and scientific and methodical documents to support the activities of the Union State in hydrometeorology and environmental pollution. Kashina I.I., Kuznetsov A.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2018. N 182. P. 172–180.

Methodical questions of forming the database of organizational and administrative, regulatory and scientific and methodical documents for ensuring the activity of the Union State Committee for Hydrometeorology and Environment Pollution Monitoring are considered.

Keywords: Union State, unified hydrometeorological service, classifier of legal acts, base of normative legal documents, harmonization of legal acts.

Tab. 2. Ref. 7.