

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 технических наук В. Н. КОПЫЛОВА*

ОБНИНСК
2014

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

Редакционная коллегия

Главный редактор д.т.н. В.Н. Копылов

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,

д.т.н. Ю.В. Колоколов, к.т.н. А.А. Коршунов, д.г.н. В.А. Семенов,

к.ф.-м.н. С.Г. Сивачок, к.ф.-м.н. Н.П. Ковалев, д.г.н. М.З. Шаймарданов,

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

В сборнике содержатся статьи, знакомящие читателей с результатами исследований в области гидrometeorологии, климатологии, развития информационных технологий. В связи с юбилейными мероприятиями, проходящими во ВНИИГМИ-МЦД в 2014 году, дается краткая история создания и становления института. Рассматриваются вопросы разработки и усовершенствования систем автоматизированной обработки различных видов гидromетинформации, в том числе спутниковых данных, метеорологических и агрометеорологических данных, данных судовых и снегомерных наблюдений, а также вопросы применения систем автоматизированного анализа научно-технической информации. Ряд статей посвящены развитию и сопоставлению методов контроля данных. Значительное количество публикаций сборника содержат описания методик климатологической обработки данных и полученные результаты анализа изменений в климатической системе, а также оценки последствий этих изменений для экосистем.

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

The Collection contains the articles introducing readers to the outcomes of research in the field of hydrometeorology, climatology and development of information technologies. In view of the anniversary celebrations organized by RIHMI-WDC in 2014 a brief history of establishment and development of the Institute is provided. Issues of developing and improving systems for automated processing of different types of hydrometeorological information including satellite, meteorological, agrometeorological, ship and snow survey data are considered as well as issues of applying systems for automated scientific and technical information analysis. Some articles deal with development and comparison of data control techniques. Quite a number of articles offer description of methods of climatological data processing, results from the analysis of changes in climate system and assessments of consequences of these changes for ecosystems. The collection will be helpful for a wide range of professionals in the fields covered and for various categories of interested readers.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Копылов В. Н.</i> Пятидесятилетняя история, основные итоги и перспективы.....	5
<i>Коришнова Н. Н., Швець Н. В.</i> Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия	11
<i>Трофименко Л. Т., Коришнова Н. Н., Аристова Л. Н.</i> Влияние изменений климата на развитие растениеводства в Воронежской области.....	25
<i>Стерин А. М., Тимофеев А. А.</i> Об особенностях оценок трендов приземной температуры воздуха на территории Российской Федерации, полученных методом квантильной регрессии	35
<i>Козлова Л. Ф., Стерин А. М.</i> Исследование многолетней изменчивости параметров тропопаузы над территорией РФ по радиозондовым данным	47
<i>Хохлова А. В., Руденкова Т. В., Агуренко А. О., Георгиева Л. А., Тимофеев А. А.</i> Спутниковые данные вертикального зондирования атмосферы из сети ГСТ: технология обработки и архивация	61
<i>Алдухов О. А., Черных И. В.</i> Сравнение результатов последовательного и комплексного контроля качества данных радиозондирования атмосферы.....	73
<i>Зубрицкая Е. Н., Сомова С. М.</i> Автоматизированное формирование телеграмм кода WAREP средствами АРМ ПЕРСОНА	88
<i>Попова В. Н., Сомова С. М., Кракановская Е. М.</i> О новых процедурах контроля качества судовых метеорологических наблюдений в процессе первичной обработки.....	97
<i>Правосудько Т. П., Сомова С. М., Амельченко Е. В., Волкова Л. А.</i> О развитии и усовершенствовании технологии первичной обработки метеорологической информации постов	105
<i>Правосудько Т. П., Сомова С. М., Амельченко Е. В., Волкова Л. А.</i> Информационная технология формирования массивов с данными первичных агрометеорологических наблюдений в унифицированном формате	112
<i>Гниломедов Е. В.</i> Автоматизация обработки данных снегомерных наблюдений и подготовки информации для потребителей.....	123
<i>Шерстюков Б. Г., Шерстюков А. Б.</i> Оценки опасности лесных пожаров на территории России при потеплении климата в XXI веке.....	135
<i>Шерстюков А. Б.</i> Длительные тенденции и изменения температуры почвогрунтов последнего десятилетия в зоне многолетней мерзлоты России	147
<i>Шерстюков Б. Г., Салугашвили Р. С.</i> Глобальный природный фактор естественных колебаний регионального климата на примере анализа температуры воздуха в Евразии.....	157
<i>Кузнецов А. А., Казаринова М. Т.</i> Первый опыт анализа возможных заимствований в публикациях и отчетах НИОКР в области гидрометеорологии.....	167
<i>Евстигнеев В. П., Евстигнеев М. П., Кульбида Н. И., Наумова В. А., Швень Н. И., Мосунова Е. А.</i> Создание унифицированной базы метеорологических данных Украины	175

CONTENTS

<i>Kopylov V.N.</i> RIHMI-WDC: a fifty-year-long history, major results and prospects.....	5
<i>Korshunova N.N., Shvets N.V.</i> The change in major climate parameter standards over the Russian area for the past decades	11
<i>Trofimenko L.T., Korshunova N.N., Aristova L.N.</i> Climate change impacts on the plant cultivation development in the Voronezh Region	25
<i>Sterin A.M., Timofeev A.A.</i> Features of surface temperature trends over the territory of Russian Federation based on quantile regression	35
<i>Kozlova L.F., Sterin A.M.</i> Research of long-term variability of tropopause characteristics on the radiosonde data above the Russian Federation	47
<i>Khokhlova A.V., Rudenkova T.V., Agurenko A.O., Georgieva L.A., Timofeev A.A.</i> Satellite data of vertical sounding of the atmosphere from GST: processing and archiving.....	61
<i>Alduchov O.A., Chernykh I.V.</i> The comparison of sequential control and complex quality check for radiosonde observations dataset.....	73
<i>Zubritskay E.N., Somova S.M.</i> The automated formation of telegrams of the WAREP code by means of the automated workplace THE PERSON.....	88
<i>Popova V.N., Somova S.M., Krakanovskaya E.M.</i> New quality control procedures for marine ships' observations during primary processing	97
<i>Pravosudko T.P., Somova S.M., Amelchenko E.V., Volkova L.A.</i> About development and improvement of technology of roughing-out of meteorological information of posts	105
<i>Pravosudko T.P., Somova S.M., Amelchenko E.V., Volkova L.A.</i> Information technology of forming of arrays with data of primary agro-meteorological observations in compatible format.....	112
<i>Gnilomedov E.V.</i> Data processing automation snow observations and preparation information for consumers.....	123
<i>Sherstyukov B.G., Sherstiukov A.B.</i> Assessing the risk of forest fires in Russia when climate warming will in the twenty-first century	135
<i>Sherstiukov A.B.</i> Long-term trends and changes of soil temperature of recent decade in the permafrost zone of Russia.....	147
<i>Sherstyukov B.G., Salugashvili R.S.</i> Global factor of natural fluctuations of regional climate based on the analysis of the air temperature in Eurasia.....	157
<i>Kuznetsov A.A., Kazarinova M.T.</i> First results of check for plagiarism in scientific publications and technical documents in the field of hydrometeorology	167
<i>Evstigneev V.P., Evstigneev M.P., Kulbida N.I., Naumova V.A., Shven N.I., Mosunova E.A.</i> Application of up-to-date informational technologies to create meteorological database of Ukraine.....	175

УДК 551.579(09)

ВНИИГМИ-МЦД: ПЯТИДЕСЯТИЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ, ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. Н. Копылов

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

Настоящим выпуском Трудов ВНИИГМИ-МЦД № 178 завершается серия мероприятий 2014 года, посвященных полувековому юбилею института. В течение юбилейного для ВНИИГМИ-МЦД 2014 года в институте была успешно проведена научная конференция «Состояние и перспективы развития информационных технологий в гидрометеорологии. Информационное обеспечение морской деятельности», подготовлен и издан выпуск Трудов ВНИИГМИ-МЦД № 177, проведены посвященное юбилею торжественное собрание сотрудников и другие мероприятия.

Полвека назад вышло постановление Совета Министров СССР от 3 января 1964 г. о создании в Обнинске Отделения хранения и статистической обработки гидрометеорологических данных Мирового метеорологического центра (ОГМЦ). Именно тогда началось привлечение специалистов к формированию в Обнинске подразделений будущего института. Поэтому 1964 год следует считать отправной точкой в истории создания ВНИИГМИ-МЦД.

Главной целью этого решения стала организация в системе Гидрометслужбы СССР подразделения, оснащенного мощной вычислительной техникой и способного накапливать, хранить, обрабатывать огромные объемы данных наблюдений за состоянием окружающей среды. Идея создания такого подразделения, выдвинутая еще в тридцатые годы и нашедшая поддержку у академика Е. К. Федорова, стала активно претворяться в жизнь. В тяжелейший военный период – в 1942 году – в Москве был образован Центральный научно-исследовательский гидрометеорологический архив. Впоследствии архив был преобразован в Научно-исследовательский институт аэроклиматологии (НИИАК). В НИИАК были развернуты работы по занесению информации на перфокарты и их массовой обработке с целью получения климатических обобщений и создания справочных пособий для

нужд народного хозяйства. Позднее НИИАК был включен в состав ВНИИГМИ-МЦД как Московское отделение.

В 1971 г. Отделение хранения и статистической обработки гидрометеорологических данных Мирового метеорологического центра было преобразовано во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). В ту пору уже были разработаны научно-методические основы использования вычислительной техники для решения поставленных перед институтом задач.

В 1979 г. во ВНИИГМИ-МЦД был организован Центр гидрометеорологических данных (ЦГМД). На ЦГМД были возложены функции по ведению общегосударственного Гидрометфонда на технических носителях, а также организационно-методическое руководство всеми работами в этом направлении в системе Гидрометслужбы страны. В 1994 г. Гидрометфонд СССР был переименован в Российский государственный фонд данных о состоянии окружающей природной среды (Госфонд).

Выполняя функции по ведению Госфонда, ВНИИГМИ-МЦД создал уникальный научно-технический комплекс, являющийся национальным достоянием. Этот комплекс обеспечивает накопление, хранение и практическое использование фонда данных за весь период гидрометеорологических наблюдений, проведенных на территории страны, а также зарубежных данных, получаемых по международному обмену.

В созданном во ВНИИГМИ-МЦД музее собраны экспонаты, позволяющие проследить всю историю автоматизации процессов обработки гидрометеорологических данных. Экспонаты музея – живая история применения электронных вычислительных машин, средств связи и средств хранения информации в гидрометеорологии. Отметим, что именно приложения в гидрометеорологии послужили, как показывает мировая практика, значимым катализатором прогресса в развитии средств вычислительной техники и телекоммуникаций. Решение задач метеорологии, исследования, физико-математического моделирования и прогнозирования процессов в атмосфере, океане, околоземном космическом пространстве требует от создателей техники новых вычислительных мощностей. Весь исторический путь от появления, освоения, внедрения и до эксплуатации средств вычислительной техники,

хранения информации и телекоммуникаций проделал за период своего существования и ВНИИГМИ-МЦД.

С первых же дней существования института начала формироваться стратегия его развития, суть которой состояла в том, чтобы построить и эксплуатировать стройную последовательность технологий, начинающуюся сбором, обработкой, накоплением и обеспечением сохранности гидрометеорологических данных. На завершающих этапах технологий обеспечивается извлечение из имеющихся данных полезной информации, ее обобщение, анализ, использование для решения исследовательских и практических задач и, наконец, осуществляется предоставление этой информации пользователям.

В числе исследовательских задач в качестве первоочередной остается сформулированная еще в первые годы работы института проблема анализа наблюдаемых изменений в климатической системе и оценки возможных последствий этих изменений для экономики и социальной сферы. Решение проблемы осуществляется с использованием собранного в институте уникального архива данных наблюдений за различными компонентами климатической системы. Архив постоянно пополняется, что дает возможность сотрудникам института вести подготовку материалов и публикаций по мониторингу и оценке текущего состояния ряда важнейших характеристик климатической системы.

Подготовка справочников и справочных материалов по климату всегда была в качестве приоритетных для института. Разработанные в последние годы справочники по климату, в том числе электронные, разнообразны по своему содержанию и формам представления информации, ориентированы на различные приложения и на различные категории пользователей. Справочники по климату и средства интерактивного обеспечения потребителей климатической информацией, созданные в институте, являются хорошим вкладом в создаваемую Всемирной метеорологической организацией Глобальную рамочную основу для климатического обслуживания (ГРОКО).

Другой важнейшей исследовательской задачей ВНИИГМИ-МЦД является анализ в области экономической метеорологии. Цель этого анализа – предоставление лицам, принимающим решения, методик и результатов оценки ущербов, нанесенных социально-экономической сфере опасными гидрометеорологическими

явлениями, и выработка рекомендаций по предотвращению этих ущербов и уменьшению гидрометеорологических рисков.

В последние 50 лет вычислительные, информационные технологии, методы обработки и использования информации в мире и в нашей стране развивались стремительными темпами. Соответственно, специалисты и ученые института за этот период последовательно освоили и использовали несколько поколений электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и программного обеспечения к ним, разработали ряд передовых технологий сбора, обработки, хранения, распространения и интерпретации гидрометеорологических данных.

В 1999 г. научные организации России приступили к выполнению Федеральной целевой программы «Мировой океан», в рамках которой были сосредоточены многие исследования в области морской природной среды. Одной из важнейших составляющих этой программы являлась подпрограмма «Создание Единой системы информации об обстановке в Мировом океане» (ЕСИМО). Назначение ВНИИГМИ-МЦД головной организацией по этой подпрограмме явилось признанием его авторитета в области информационных технологий. В 2013 году работы по созданию ЕСИМО были завершены. Сегодня эта разработка, выполненная под руководством института, включает 12 центров ЕСИМО и 15 поставщиков информации. Информационное наполнение ЕСИМО осуществляют 33 организации 12 министерств и ведомств России. Многие из реализованных решений ЕСИМО по интеграции информационных ресурсов носят универсальный характер, начинают находить применение и при создании систем, ориентированных на другие виды информации.

В течение ряда лет институт разрабатывает, модернизирует, внедряет на сети программные комплексы для первичной обработки различных видов гидрометинформации, осуществляет научно-методическую поддержку их эксплуатации.

В 1971 г. ВНИИГМИ-МЦД были поручены функции отраслевого Информационного центра. В институте за все годы его существования были накоплены значительные объемы научно-технической информации по гидрометеорологии и смежным областям. Ведутся разработки по созданию и внедрению электронных каталогов и полнотекстовых баз научно-технической информации, в том числе с удаленным доступом.

Помимо решения исследовательских задач и ведения работ, институт выполняет большой объем оперативно-производственных работ, к числу важнейших из которых сегодня относятся эксплуатация средств связи для сбора данных, обработка данных, ведение Госфонда данных, ведение отраслевого фонда научно-технической информации, подготовка изданий, подготовка и обработка материалов по поручениям Росгидромета и др.

На протяжении всего периода своего существования ВНИИГМИ-МЦД активно участвует в международном научно-техническом сотрудничестве, выполняя функции мировых центров данных по различным направлениям наук о Земле. Институт участвовал и продолжает участвовать во многих международных программах и проектах. Сотрудники института входят в состав рабочих органов Всемирной метеорологической организации, Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО, Азиатско-Тихоокеанской сети по анализу глобальных изменений, Мировой системы данных под эгидой Международного научного союза и др. Активно участвует институт и в сотрудничестве в области гидрометеорологии и океанографии со странами СНГ, в рамках Союзного государства России и Беларуси, с рядом стран дальнего зарубежья.

В 2002 г. на ВНИИГМИ-МЦД были возложены задачи по созданию информационно-технологической инфраструктуры Мирового метеорологического центра в Москве в части сохранности данных и обслуживания пользователей исторической и климатической информацией. Решение этой задачи стало возможным благодаря включению института в качестве Архивной системы Росгидромета в Проект «Модернизация и техническое перевооружение организаций и учреждений Росгидромета». Итогом первого этапа выполнения этого проекта стало внедрение мощных современных средств накопления и хранения больших объемов данных (роботизированная ленточная библиотека, дисковый массив, серверное оборудование, оборудование для подготовки и выпуска продукции на бумажных носителях). Начавшийся второй этап проекта предусматривает создание распределенных систем информационного обслуживания.

Как и предыдущий выпуск Трудов ВНИИГМИ-МЦД № 177, настоящий выпуск № 178 позволяет судить о разнообразии и высоком уровне научных разработок института, о конкретных

достижениях и перспективах развития исследований и реализации технологических решений.

В связи с постоянным изменением экологической обстановки на Земле, качественным совершенствованием методов исследований количество информации об окружающей природной среде растет лавинообразно. Растет спрос на эту информацию. Быстрыми темпами модернизируется вычислительная техника, средства связи, средства хранения данных. Поэтому с большой достоверностью можно предсказать, что будущее института – такая же интенсивная и насыщенная деятельность, как и в прошедшее пятидесятилетие.

УДК 551.583.1(470+571) "451.30"

ИЗМЕНЕНИЕ НОРМ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Н. Н. Коршунова¹, Н. В. Швець²

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

¹ nnk@meteo.ru, ² schvets@meteo.ru

Введение

Факт изменения климата в последние десятилетия не вызывает сомнения, он подтвержден многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых. Одним из наиболее очевидных, несмотря на его простоту, показателем климатических изменений является изменение климатических норм, вычисленных за последовательные периоды времени. Согласно [1], под климатической нормой понимается та или иная характеристика климата, статистически полученная из многолетнего ряда, чаще всего средняя многолетняя величина. По регламенту ВМО период осреднения для получения норм должен составлять 30 лет. На 16-й сессии Комиссии по климатологии ВМО было принято решение о сохранении периода 1961–1990 гг. в качестве стабильного базового периода ВМО для долгосрочной оценки изменчивости и изменения климата, и для этих целей нормы пересчитывать, как и прежде, через 30 лет. Для целей мониторинга климата и оперативной оценки аномальности текущей погоды 30-летние климатологические стандартные нормы ВМО должны обновляться раз в каждые десять лет [2]. Во исполнение этого решения во ВНИИГМИ-МЦД рассчитаны нормы основных климатических параметров (температуры воздуха, осадков, упругости водяного пара, атмосферного давления на уровне моря) на территории России за три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961–1990, 1971–2000 и 1981–2010 гг.

Вопрос изменения климатических норм рассматривался и ранее, например в [3] исследовалось изменение на территории России разницы между нормами по температуре воздуха, полученными за два последовательных 30-летия – 1931–1960

и 1961–1990 гг. Результаты показали увеличение норм на большей части южной половины страны и уменьшение – на арктическом побережье и островах.

Территория России крайне неоднородна по своим климатическим условиям, поэтому на фоне глобального потепления на территории России выявлены районы, где потепления не происходит или наблюдается похолодание [4]. Целью данного исследования является выявление и изучение региональных особенностей изменения норм основных климатических параметров на территории России в последние десятилетия.

Данные

В исследовании использованы нормы по основным метеорологическим параметрам – температуре воздуха, атмосферным осадкам, числу дней с осадками более 1мм, упругости водяного пара и атмосферному давлению на уровне моря. Нормы вычислены за три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961–1990 (N_1), 1971–2000 (N_2) и 1981–2010 гг. (N_3). Для всех метеорологических параметров рассчитаны следующие разности норм:

$$\Delta N_1 = N_2 - N_1;$$

$$\Delta N_2 = N_3 - N_2.$$

Результаты представлены в виде карт, полученных с помощью геоинформационной системы (ГИС) в регулярной азимутальной стереографической проекции. Использовался стандартный IDW-метод пространственной интерполяции с коэффициентами обратно пропорциональными квадрату расстояния (пакет программ «MAPINFO»).

Результаты

На рис. 1 представлены разности норм ΔN_1 (1971–2000 и 1961–1990 гг.) по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов. На Европейской территории России (ЕТР) потепление периода 1971–2000 гг. наиболее значительным оказалось зимой, особенно в крайних западных областях. Исключение составляют лишь горные районы Северного Кавказа. Объясняется это увеличением циклоничности над ЕТР в последние десятилетия XX века [5] и хорошо согласуется с полученными в данном исследовании уменьшением норм по атмосферному давлению и увеличением норм по осадкам и парциальному давлению

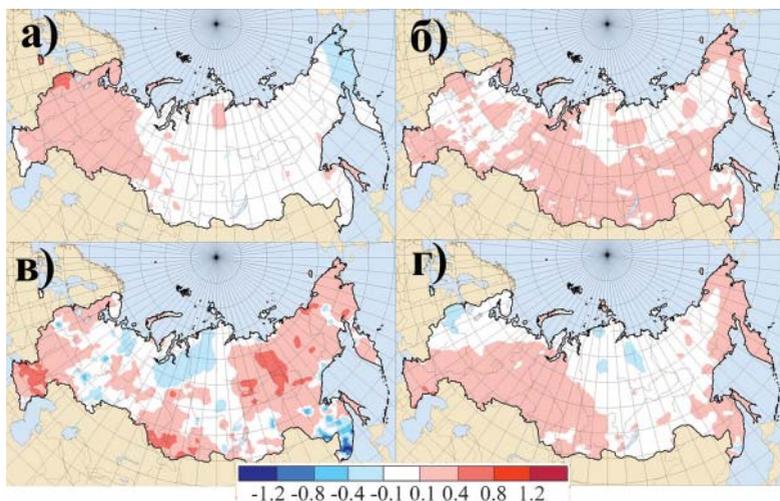


Рис. 1. Разность норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

водяного пара. Осень в западных областях ЕТР стала более прохладной. На юге региона потепление в период 1971–2000 гг. сказалось в большей степени летом.

На Азиатской территории России (АТР) зима стала холоднее в восточных районах Чукотского АО и на севере Камчатского края. На остальной территории АТР термический режим в зимние месяцы не изменился. Наиболее значительные изменения произошли в летний период: гораздо теплее стало в Республике Саха-Якутия и на юге Западной Сибири, а в северных районах Западной Сибири и Красноярского края, на дальневосточном юге – холоднее. На некоторых метеорологических станциях Приморского края нормы по температуре за период 1971–2000 гг. в летние месяцы более чем на 1 °С меньше соответствующих норм за предыдущее тридцатилетие. Весна на большей части АТР стала теплее, а нормы по температуре в осенние месяцы в период 1971–2000 гг. увеличились в Западной Сибири и вдоль побережий дальневосточных морей. На огромных пространствах Восточной Сибири температурный режим осенью остался неизменным, а в отдельных районах на севере региона наблюдалось похолодание.

Значительные изменения в термическом режиме на территории России произошли в период 1981–2010 гг. (рис. 2). Зимой на фоне значительного потепления на большей части страны в некоторых районах наблюдалось похолодание. И если на юге Западной Сибири и Забайкалья отмечается незначительное уменьшение норм в последнее тридцатилетие, то в крайних северо-восточных районах (Чукотка, Магаданская область, север Камчатского края и восточные районы Якутии) климатические нормы уменьшились на 1–1,5 °С.

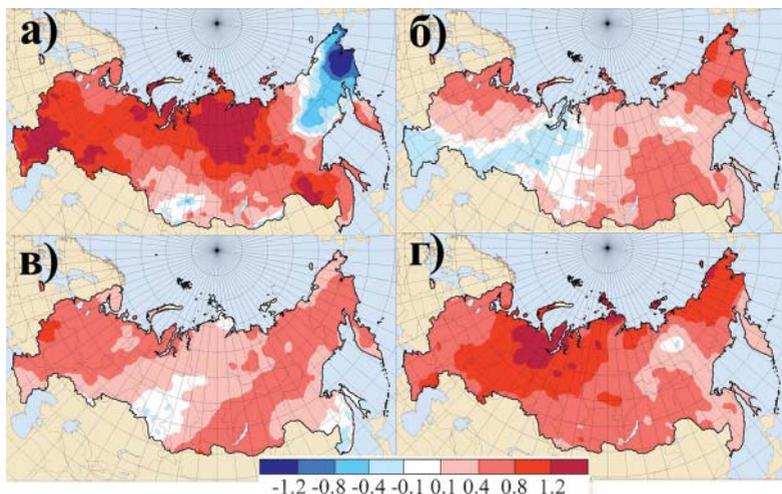


Рис. 2. Разность норм 1981–2010 и 1971–2000 гг. по температуре воздуха на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Весной зона уменьшения климатических норм протянулась от южных областей ЕТР через Южный Урал до Ямала, захватив большую часть Западной Сибири. Летом зоны уменьшения норм сжимаются до небольших очагов на юге Западной Сибири и Дальнего Востока, а увеличение норм на остальной территории страны не столь существенно, как зимой. Осень стала теплее практически на всей территории России, но наибольшее увеличение климатических норм в октябре произошло на северо-востоке ЕТР, Урале, в северной половине Западной Сибири, на Таймыре и Чукотке.

Наибольшие изменения климатических норм по осадкам в период 1971–2000 гг. произошли летом (рис. 3). Значительно больше

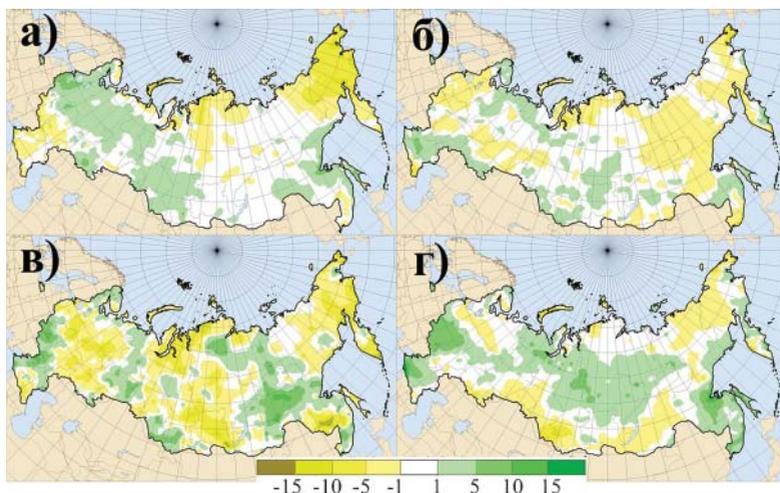


Рис. 3. Разность норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по осадкам на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

осадков стало в юго-западных областях ЕТР, на юге Якутии и севере Забайкалья. Уменьшились климатические нормы на востоке ЕТР, большей части Западной Сибири и на огромной территории, охватывающей восточные районы Якутии, Магаданскую область, Чукотку и Камчатку. Последний очаг отрицательных значений $\Delta N1$ отмечается во все сезоны, но наибольшее уменьшение норм отмечается в этих районах зимой. Увеличение климатических норм по осадкам в результате увеличения повторяемости циклонов наблюдалось зимой в северной половине Европейской территории России, достигая максимальных значений в Псковской и Смоленской областях. А весна в западных областях ЕТР в период 1971–2000 гг. стала суше. Осенью климатические нормы увеличились на юге и юго-западе ЕТР, севере Западной Сибири, большей части Красноярского края и дальневосточном юге. Максимальное уменьшение норм в октябре отмечено на Алтае.

В последующее тридцатилетие общие тенденции изменения режима увлажнения на территории России сохранились (рис. 4). Максимальное изменение норм 1981–2010 гг. отмечено летом. В центре очага отрицательных значений $\Delta N2$, который охватил большую часть ЕТР, оказались центрально-черноземные области.

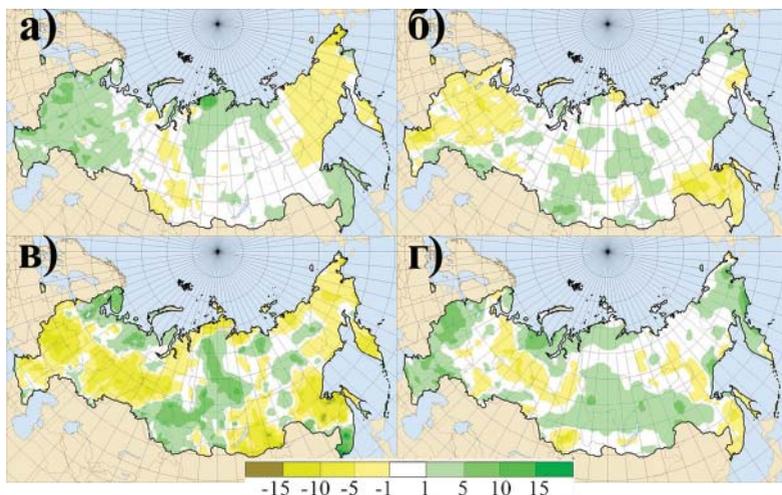


Рис. 4. Разность норм 1981–2010 и 1971–2000 гг. по осадкам на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Сказались сильные засухи, которые наблюдались в последнее десятилетие в центре и на юге ЕТР. Значительно уменьшились летние осадки также на Урале, в центральных районах Западной Сибири, Забайкалье, Хабаровском крае, на Сахалине и Камчатке. Зоны положительных значений ΔN_2 летом гораздо меньше по площади. Летние осадки увеличились в крайних северо-западных и северо-восточных районах ЕТР, на юге Западной Сибири, большей части Красноярского края и в Приморье.

Зимой, в отличие от предыдущего тридцатилетия, осадки увеличились на всей Европейской территории России и севере Восточной Сибири, куда в последнее десятилетие все чаще проникали атлантические циклоны, принося более теплые и насыщенные влагой воздушные массы. В северо-восточных районах АТР климатические нормы по осадкам еще больше уменьшились, но в отличие от предыдущего тридцатилетия здесь стало больше осадков весной и осенью. Но в общем режим увлажнения переходных периодов в последнее тридцатилетие изменился в меньшей степени, чем в период 1971–2000 гг.

При столь значительных изменениях климатических норм по осадкам нормы по числу дней с осадками более 1 мм изменились

несущественно практически на всей территории страны во все сезоны года, поэтому карты распределения $\Delta N1$ и $\Delta N2$ для этой климатической характеристики не приводятся.

На рис. 5 представлена разница норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов. Видно, что наибольшее изменение за период 1971–2000 гг. климатические нормы по давлению на уровне моря претерпели зимой. На Европейской территории, за исключением Северного Кавказа, в Западной Сибири, на большей части Восточной Сибири произошло понижение атмосферного давления в результате увеличения циклоничности, т. е. увеличения повторяемости циклонов. Наиболее значительное уменьшение климатических норм отмечено на северо-востоке ЕТР и Урале. На побережье дальневосточных морей в этот период наблюдался значительный рост атмосферного давления, особенно на Камчатке, в Магаданской области и на Чукотке.

Весной на большей части ЕТР климатические нормы также уменьшились, но не столь значительно. На АТР при довольно большой пестроте распределения $\Delta N1$ можно отметить

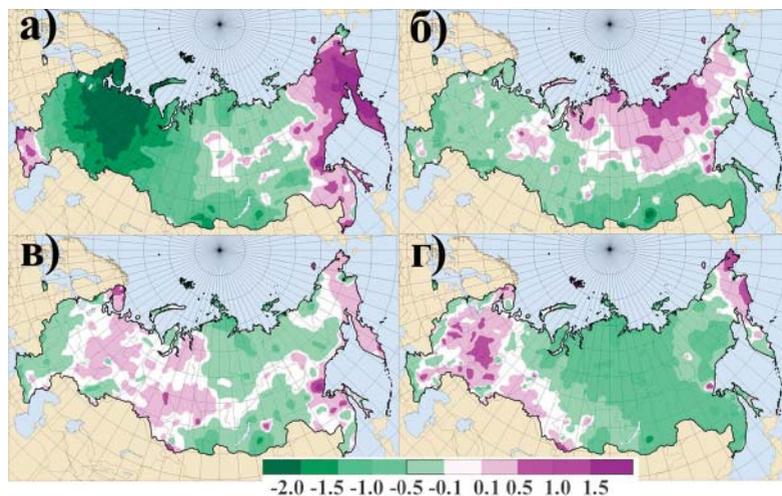


Рис. 5. Разность норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

увеличение атмосферного давления в северной половине и уменьшение – в южной. Летом разности норм невелики по абсолютной величине, при этом положительные их значения отмечены на севере и северо-востоке ЕТР, в Западной Сибири и на побережье дальневосточных морей, а на западе ЕТР и большей части Восточной Сибири – отрицательные. В октябре на большей части ЕТР климатические нормы увеличились, на АТР, за исключением южных районов Западной Сибири и восточного побережья Чукотки, – уменьшились.

В последнее тридцатилетие (1981–2010 гг.) режим атмосферного давления на территории России существенно изменился (рис. 6). В отличие от предыдущего тридцатилетия зимой и осенью возросло атмосферное давление в Западной Сибири. Наибольшее увеличение климатических норм отмечено весной на ЕТР, особенно в северо-западных областях, что свидетельствует об увеличении повторяемости антициклонального типа погоды, поэтому весна в последние десятилетия на ЕТР стала теплее и суше (см. рис. 2 и 4). Это справедливо и для летних месяцев на Европейской территории.

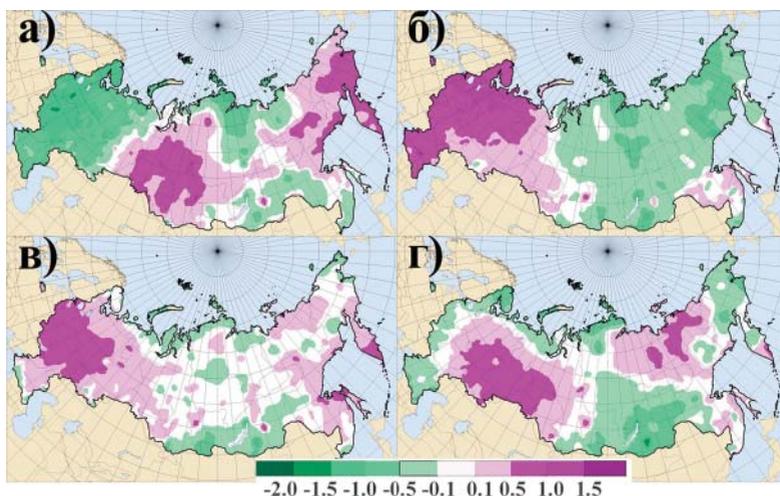


Рис. 6. Разность норм 1981–2010 и 1971–2000 гг. по атмосферному давлению на уровне моря на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

На большей части АТР весной, в отличие от предыдущего тридцатилетия, атмосферное давление уменьшилось. Осенью климатические нормы, помимо Западной Сибири, увеличились также в северной половине Республики Саха-Якутия и в меньшей степени – на дальневосточном юге.

Климатические нормы по парциальному давлению водяного пара в период 1971–2000 гг. увеличились на ЕТР, за исключением Северного Кавказа, и не изменились на большей части АТР (рис. 7). Уменьшение норм в зимние месяцы в соответствии с уменьшением норм по температуре воздуха произошло на восточном побережье Чукотки и на севере Камчатского края. Весной при довольно сложном пространственном распределении ΔN_1 в южной половине АТР преобладают положительные значения, а на севере климатические нормы практически не изменились. Наибольших изменений климатические нормы в это тридцатилетие претерпели летом. Значительное уменьшение парциального давления водяного пара, которое обусловлено понижением температуры воздуха, отмечено на дальневосточном юге. На ЕТР следует отметить повышение парциального давления в южных областях.

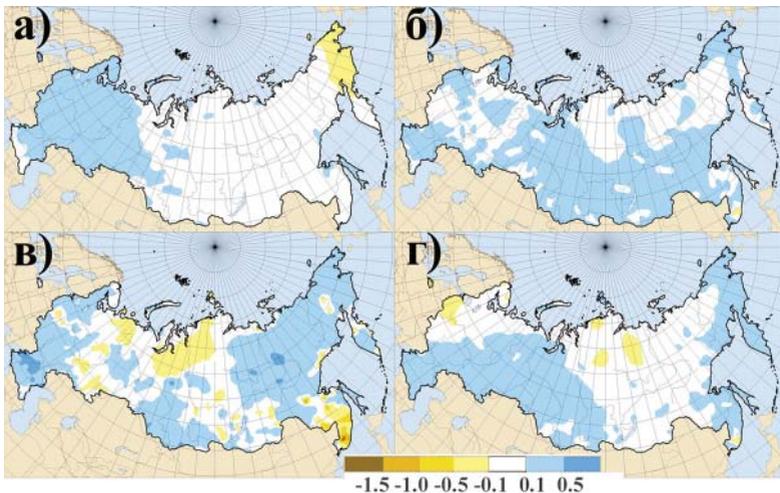


Рис. 7. Разность норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. по парциальному давлению водяного пара на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Осенью увеличение парциального давления наблюдалось на юге и востоке ЕТР, Урале, большей части Западной Сибири и на побережье дальневосточных морей.

В последующее тридцатилетие (1981–2010 гг.) в январе отмечено изменение климатических норм парциального давления, аналогичное предыдущему тридцатилетию (рис. 8). Летом и осенью на большей части страны произошло увеличение парциального давления пара, обусловленное ростом температуры. Весной на юге ЕТР, Южном Урале и в восточных районах Западной Сибири климатические нормы по парциальному давлению водяного пара уменьшились.

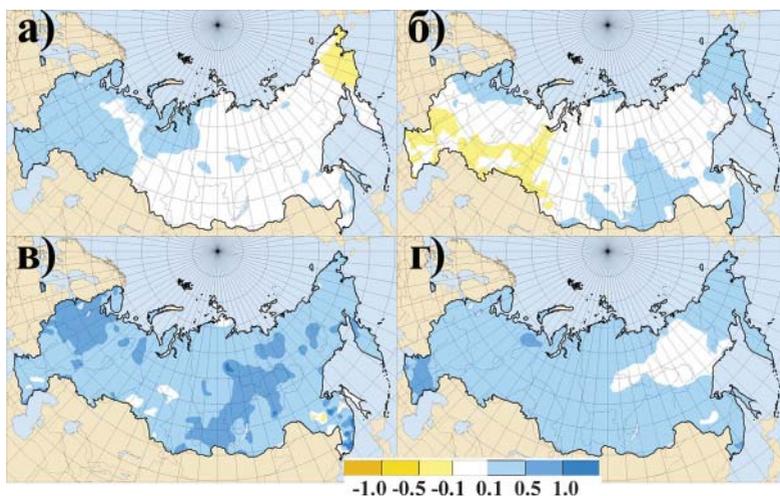
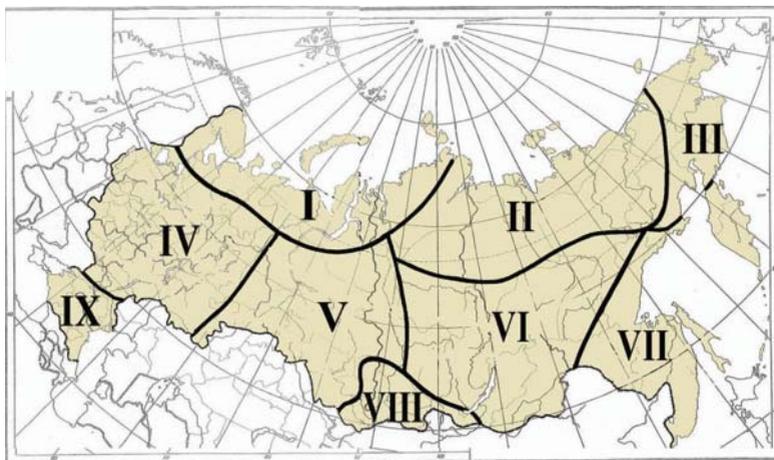


Рис. 8. Разность норм 1981–2010 и 1971–2000 гг. по парциальному давлению водяного пара на территории России в центральные месяцы сезонов: а) январь; б) апрель; в) июль; г) октябрь

Кроме разностей норм в точке, рассчитаны средние значения (простое арифметическое среднее) разностей $\Delta N1$ и $\Delta N2$ для девяти квазиоднородных районов, определенных на основе классификации Алисова и использованных ранее в [6] (рис. 9).

Результаты для центральных месяцев сезонов представлены в табл. 1 и 2.



*Рис. 9. Квазиоднородные районы на территории России:
 I – север европейской части и Западной Сибири, II – северная часть Восточной Сибири и Якутии, III – Чукотка и север Камчатки, IV – центр европейской части России, V – центр и юг Западной Сибири, VI – центр и юг Восточной Сибири, VII – Дальний Восток, VIII – Алтай и Саяны, IX – юг европейской части России*

Данные табл. 1 и 2 также подтверждают наличие региональных особенностей в изменении норм основных метеорологических параметров. Например, значительное повышение зимних температур в период 1971–2000 гг. в центральных областях Европейской территории России (район IV) замедлилось в последующем тридцатилетии, но стали более теплыми лето и осень. А на юге ЕТР (район IX) в последнем тридцатилетии продолжилось потепление в зимний период. В северо-восточных районах Дальнего Востока (район III) отрицательные значения разностей норм зимой в последнее тридцатилетие стали меньше по абсолютной величине, т.к. значительное похолодание на Чукотке компенсировалось более теплыми зимами на Камчатке.

В режиме осадков следует отметить значительное увеличение зимних осадков (при уменьшении атмосферного давления) и уменьшение летних осадков (при увеличении атмосферного давления) в центральной части ЕТР (район IV).

Таблица 1

Разности норм 1971–2000 и 1961–1990 гг. основных климатических параметров для квазигомогенных районов

№ района	Число станций	Месяцы			
		январь	апрель	июль	октябрь
Температура воздуха					
I	126	0,8	0,3	0,0	0,1
II	70	0,2	0,5	0,4	0,3
III	24	-1,0	0,5	0,3	0,7
IV	378	1,4	0,4	0,1	0,2
V	179	0,7	0,5	0,0	0,7
VI	197	0,3	0,6	0,2	0,2
VII	174	0,4	0,3	0,2	0,3
VIII	78	0,6	0,6	0,2	0,5
IX	99	0,4	0,2	0,2	0,3
Атмосферные осадки					
I	123	-0,3	0,2	-0,8	0,5
II	70	-2,3	-0,8	-0,7	-0,1
III	24	-6,7	-2,5	-5,6	-1,2
IV	376	1,2	-0,6	-1,4	1,9
V	180	1,1	0,3	0,1	-1,3
VI	197	0,1	-0,3	0,5	0,1
VII	175	0,5	-0,8	-2,0	3,5
VIII	78	0,9	1,0	-1,7	-1,1
IX	99	-1,7	1,0	-0,2	4,5
Атмосферное давление на уровне моря					
I	120	-2,0	-0,2	0,1	-0,1
II	68	0,1	0,4	-0,3	-0,6
III	23	1,0	-0,1	0,2	0,1
IV	376	-1,6	-0,3	-0,1	0,2
V	178	-1,2	-0,2	0,1	0,0
VI	185	-0,4	-0,5	-0,2	-0,6
VII	171	0,6	-0,7	0,1	-0,5
VIII	62	-0,9	-0,6	-0,2	-0,1
IX	90	0,4	-0,2	-0,2	-0,1
Упругость водяного пара					
I	118	0,1	0,1	0,0	0,0
II	70	0,0	0,1	0,2	0,0
III	22	-0,1	0,1	0,2	0,2
IV	376	0,2	0,1	0,1	0,1
V	178	0,1	0,1	0,1	0,2
VI	193	0,0	0,1	0,1	0,0
VII	172	0,1	0,1	0,0	0,2
VIII	78	0,1	0,2	0,2	0,1
IX	99	0,1	0,2	0,3	0,2

Таблица 2

Разности норм 1981–2010 и 1971–2000 гг. основных климатических параметров для квазиоднородных районов

№ района	Число станций	Месяцы			
		январь	апрель	июль	октябрь
Температура воздуха					
I	118	0,8	0,4	0,4	0,9
II	67	0,4	0,4	0,4	0,7
III	16	-0,8	0,7	0,4	0,8
IV	419	1,1	0,2	0,6	0,8
V	226	0,6	0,0	0,1	0,8
VI	217	0,5	0,4	0,5	0,5
VII	174	0,6	0,3	0,1	0,3
VIII	89	0,1	0,2	0,4	0,5
IX	112	1,0	-0,2	0,4	0,7
Атмосферные осадки					
I	117	1,2	-0,5	3,1	1,5
II	68	-0,7	0,7	-0,8	0,3
III	18	-3,1	0,2	-2,3	1,8
IV	427	3,4	-1,4	-4,4	1,6
V	230	-0,1	0,8	0,0	0,2
VI	219	0,3	0,3	-2,4	1,3
VII	187	1,1	-2,2	-0,1	-1,4
VIII	90	-0,7	1,8	1,7	-0,8
IX	112	2,3	-1,8	-1,1	2,7
Атмосферное давление на уровне моря					
I	95	-0,7	0,7	0,1	-0,2
II	58	0,0	-0,5	0,0	0,2
III	13	0,5	-0,5	-0,1	-0,3
IV	358	-1,0	0,7	0,6	0,2
V	165	0,4	0,2	0,2	0,4
VI	169	0,0	-0,3	-0,1	-0,4
VII	123	0,1	0,0	0,2	0,1
VIII	58	0,3	-0,1	-0,2	-0,2
IX	81	-0,7	0,8	0,1	-0,3
Упругость водяного пара					
I	100	0,1	0,1	0,4	0,4
II	56	0,0	0,1	0,4	0,1
III	11	-0,1	0,1	0,3	0,2
IV	373	0,2	0,0	0,5	0,4
V	174	0,1	-0,1	0,2	0,3
VI	177	0,0	0,1	0,4	0,2
VII	142	0,1	0,1	0,3	0,2
VIII	77	0,0	0,1	0,5	0,2
IX	96	0,3	-0,1	0,4	0,5

Выводы

Подготовленные во ВНИИГМИ-МЦД массивы высокого качества по основным климатическим параметрам позволили в соответствии с рекомендациями ВМО рассчитать климатические нормы за три последовательных тридцатилетия и исследовать региональные особенности их изменения на территории России. Разности климатических норм, полученные в данной работе, могут рассматриваться как один из показателей изменений климата, которые проявляются неодинаково в различных регионах такой огромной страны, как Россия. Выявлено, что наибольшее потепление произошло в последнее тридцатилетие (1981–2010 гг.) зимой на ЕТР, севере Восточной Сибири и на дальневосточном юге, а на северо-востоке АТР отмечено значительное похолодание. Наблюдается уменьшение летних осадков в центре ЕТР, Южном Урале, центральных районах Западной Сибири, Забайкалье и Хабаровском крае, причем в последнем регионе уменьшение летних осадков отмечалось и в период 1971–2000 гг. И это является одной из главных причин участвовавших в последние годы лесных пожаров. В режиме атмосферного давления на уровне моря наибольшие изменения выявлены зимой в период 1971–2000 гг.: на ЕТР наблюдалось значительное уменьшение атмосферного давления, обусловленное увеличением повторяемости циклонов, а на северо-востоке АТР – рост атмосферного давления, связанный с ослаблением в этот период Алеутской депрессии. Региональные особенности проявляются и в изменении значений разности норм, осредненных по квазиоднородным климатическим районам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь* / Под ред. А.И. Бедрицкого. СПб: Летний сад, 2009. Том II. С. 34.
2. *Commission for Climatology Sixteenth session. Heidelberg, 3–8 July 2014. Abridged final report with resolutions and recommendations. WMO-№ 1137. P. 68.*
3. *Belokrylova T., Bulygina O., Razuvaev V. Temperature Pattern variability on the USSR Territory in 1931–1990 // Proceedings of the Sixteenth Annual Climate Diagnostics Workshop, Los Angeles, October 28 – November 1 1991. Los Angeles: Dept. of Atmospheric Sciences University of California, 1992. P. 173–178.*
4. *Бulygina O. H., Коршунова Н. Н., Рazuvaev B. H., Шаймарданов М. З., Швець Н. В. Изменчивость экстремальных климатических явлений на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 16–31.*
5. *Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24–37.*
6. *Bulygina O. N, Groisman P. Ya., Razuvaev V. N, Radionov V. F. Snow cover basal ice layer changes over Northern Eurasia since 1966 // Environ. Res. Let. 2010. V. 5.*

УДК [551.583:633/635] (470.324)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. Т. Трофименко¹, Н. Н. Коршунова², Л. Н. Аристова³

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

¹ tl@meteo.ru, ² nnk@meteo.ru, ³ LNAristova@yandex.ru

Введение

Во ВНИИГМИ-МЦД разработаны и в течение последних лет получены региональные климатические справочники для различных субъектов РФ. В справочниках приводится общая климатическая характеристика, а также специализированные климатические характеристики с учетом специфики экономического развития региона. Использование климатической информации позволит рационально использовать природные ресурсы и размещать новые производства, минимизировать потери от неблагоприятных погодных условий. Воронежская область выбрана для демонстрации возможности повышения эффективности функционирования различных отраслей экономики региона в результате использования специализированной климатической информации региональных электронных справочников.

В силу климатических условий и наличия плодородных черноземов одной из наиболее развитых отраслей экономики в области является сельское хозяйство. Ведущая роль в сельскохозяйственном производстве Воронежской области принадлежит растениеводству со специализацией на производстве зерна, сахарной свеклы и подсолнечника. На долю области приходится более половины валового сбора подсолнечника регионов, входящих в ЦФО, практически четвертая часть производства сахарной свеклы и около 20 % зерна.

В исследованиях как российских, так и зарубежных ученых достоверно установлен факт глобального потепления климата за последние десятилетия [1–4]. Глобальное потепление оказывает влияние на региональные климатические процессы, что требует пересмотра полученных ранее сведений о состоянии климата на основе данных наблюдений за последние годы. Сельское

хозяйство – одна из наиболее важных отраслей экономики, но и одновременно наиболее зависимая от климатических и погодных условий. Целью данного исследования является изучение климатических условий Воронежской области с точки зрения их пригодности для выращивания основных сельскохозяйственных культур – подсолнечника и сахарной свеклы – на фоне наблюдающихся в последние годы изменений климата.

Требования подсолнечника и сахарной свеклы к климатическим условиям

Подсолнечник в большей, а свекла в меньшей степени являются культурами весьма требовательными к климатическим и почвенным условиям, особенно к температурному и влажностному режиму. Ниже приводятся требования подсолнечника и сахарной свеклы к климатическим условиям, заимствованные из [5] и [6] соответственно.

Минимальная температура прорастания – 5 °С, при посеве *подсолнечника* температура почвы должна быть не ниже 6–8 °С. Для ранних гибридов и сортов сумма активных температур выше 10 °С за весь вегетационный период находится в пределах 1950–2000 °С, а среднеспелых – 2150 °С. Минимальная сумма эффективных температур для раннеспелых сортов и гибридов, имеющих длительность вегетационного периода около 150 дней, составляет 1450 °С, т. е., начиная со второй половины мая, средняя температура должна быть 15 °С. Оптимальная температура для фотосинтеза – 25 °С. Культура очень чувствительна к заморозкам. При относительной засухоустойчивости подсолнечник очень требователен к влаге в период образования бутонов.

Семена свеклы, по сравнению с другими культурами, требуют много воды. Эта потребность составляет 120–170 % к весу воздушно-сухих семян. Оптимальная температура для прорастания семян – 25 °С, максимальная – 30 °С. Сахарная свекла относится к культурам с умеренными требованиями к теплу, ее продуктивное развитие проходит при относительно широком диапазоне суммы активных температур воздуха от 1900 до 3500 °С. Оптимальной же принято считать сумму этих температур, составляющую в среднем 2340 °С. В целом сахарная свекла является достаточно засухоустойчивой культурой. Для ее нормального произрастания достаточно осадков 340–350 мм за период вегетации, но при

условии их равномерного распределения по времени. В других условиях требуется применение особых агротехнических мер.

Данные

Для анализа привлекались данные 9 метеорологических станций, расположенных на территории Воронежской области. Использовались данные различного временного разрешения за период 1966–2010 гг.

Результаты

Глобальное потепление коснулось и Воронежской области. На всех станциях выявлена тенденция роста годовой температуры воздуха (рис. 1), обусловленная в значительной степени сильным потеплением в зимние месяцы. Коэффициенты линейного тренда изменяются от $0,29\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Калач) до $0,39\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Каменная Степь). Однако простой способ, основанный на расчете разностей норм за последовательные тридцатилетние периоды,

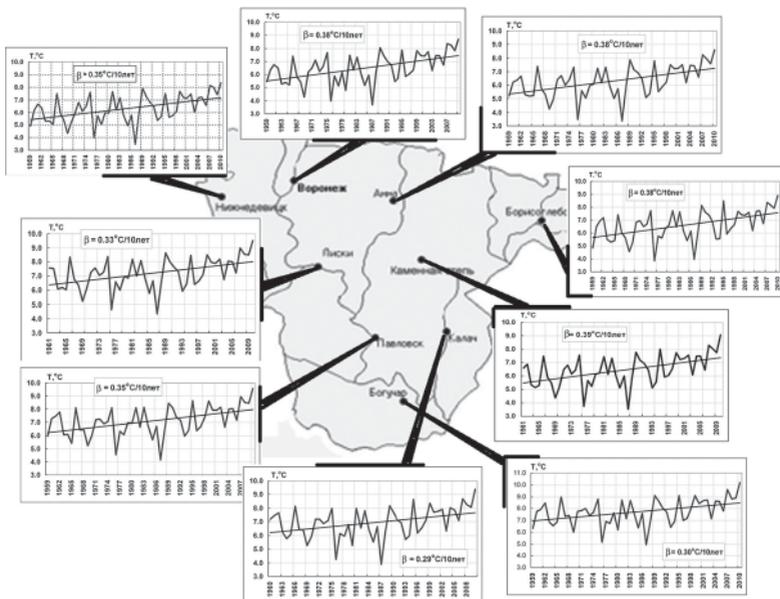


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха на метеорологических станциях Воронежской области

позволил выявить увеличение и летних, и осенних температур. Так, в Воронеже летние нормы по температуре воздуха за период 1981–2010 гг. выше норм за период 1971–2000 гг. на 0,5–0,8 °С.

Потепление раздвинуло границы безморозного периода, что увеличило вегетационный период. Это важно для сельскохозяйственных культур с продолжительным периодом вегетации, к которым относится сахарная свекла. Сравнение с [7] показывает, что последние заморозки весной случаются на 1–1,5 месяца раньше, чем в прошлом столетии, и примерно на столько же позже наступают последние заморозки осенью. Это хорошо согласуется с выводами об увеличении продолжительности вегетационного периода, которые приводятся в [1].

Прежде всего для оценки пригодности изменившегося температурного режима Воронежской области для возделывания подсолнечника и сахарной свеклы рассчитаны суммы активных и эффективных температур – основные показатели теплообеспеченности растений.

Сумма активных температур – показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха, превышающий заданный предел 0, 5, 10 °С или биологический минимум температуры, необходимой для развития определенного растения. Эта величина характеризует период активной вегетации сельскохозяйственных культур. Для оценки и сравнения тепловых ресурсов различных областей применяют сумму активных температур выше 10 °С (табл. 1).

Таблица 1

Среднеголетние суммы активных температур (°С) выше 10 °С

Название станции	Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нижнедевицк	14,0	44,5	114,5	212,5	335,5	542,9	691,9	892,1	1097,4
Воронеж	18,2	60,3	127,6	230,7	369,5	583,2	733,0	923,7	1131,5
Каменная Степь	18,8	54,0	123,4	237,7	367,2	573,6	764,5	950,5	1144,0
Борисоглебск	17,9	57,4	126,7	251,2	379,3	606,3	788,6	982,3	1184,5
Лиски	25,0	64,9	135,7	273,9	402,9	612,8	812,3	1005,2	1206,2
Павловск	23,2	62,6	129,6	259,8	404,0	616,7	799,8	991,7	1192,8
Анна	19,1	58,5	122,6	232,9	358,0	572,5	750,9	949,1	1141,9
Калач	19,1	54,9	115,4	253,8	388,8	583,9	780,8	972,2	1172,0
Богучар	27,7	80,7	173,9	309,2	446,6	655,0	861,0	1059,3	1265,8

Окончание табл. 1

Название станции	Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нижнедевицк	1289,9	1492,7	1713,7	1914,2	2104,5	2238,6	2334,6	1537,0	1185,4
Воронеж	1326,4	1532,0	1756,4	1957,9	2106,9	2285,6	2383,7	1748,2	1270,1
Каменная Степь	1339,8	1547,1	1774,2	1979,4	2132,6	2317,0	2307,7	1767,9	1238,2
Борисоглебск	1389,5	1603,4	1838,5	2048,3	2247,2	2388,4	2490,7	1766,0	1205,8
Лиски	1410,9	1625,8	1859,5	2071,0	2272,8	2415,8	2519,5	1900,1	1424,5
Павловск	1396,9	1610,9	1844,6	2055,6	2257,9	2402,4	2495,6	1953,1	1478,4
Анна	1337,0	1542,8	1767,4	1969,4	2118,0	2296,4	2340,6	1755,3	1224,5
Калач	1375,4	1588,3	1823,4	2034,1	2234,6	2373,0	2531,9	1829,8	1377,5
Богучар	1476,0	1696,3	1938,4	2156,3	2365,6	2575,3	2609,9	2174,6	1613,3

Еще одна очень важная для сельскохозяйственных культур величина – это эффективная температура воздуха выше нижнего предела потребности в тепле, установленного для определенного периода развития растения. При температуре ниже этого предела развитие растений не происходит или приостанавливается (семена не прорастают, задерживается цветение и т. д.). Температура выше указанного предела становится эффективной, т. е. обеспечивает процесс развития растений. Для подсолнечника и сахарной свеклы, как и для большинства растений, нижний предел эффективных температур колеблется около 5 °С (табл. 2).

Таблица 2
Среднеголетние суммы эффективных температур (°С), (выше 5 °С)

Название станции	Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нижнедевицк	19,7	55,8	107,1	198,6	294,9	415,6	539,4	670,2	809,8
Воронеж	20,7	62,5	117,3	210,9	309,5	433,0	558,6	692,2	833,9
Каменная Степь	20,3	61,6	118,2	207,0	306,7	437,5	565,5	701,7	845,4
Борисоглебск	22,6	62,7	126,6	219,0	317,4	452,4	586,2	730,3	882,6
Лиски	26,7	72,8	134,2	229,7	334,6	466,9	601,9	744,8	896,1
Павловск	29,0	71,9	131,8	224,7	328,2	458,3	592,1	734,1	885,1
Анна	20,8	61,5	117,8	206,5	306,7	436,9	564,4	700,0	843,2
Калач	25,3	65,6	124,6	216,6	317,6	445,9	576,9	718,3	868,2
Богучар	36,0	87,0	154,3	251,6	360,9	496,9	637,0	785,3	941,8

Название станции	Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нижнедевицк	952,2	1105,0	1271,1	1421,5	1561,8	1698,0	1801,4	1878,6	1557,4
Воронеж	978,8	1134,4	1303,8	1455,3	1597,0	1735,6	1841,1	1919,5	1592,4
Каменная Степь	991,2	1148,5	1320,6	1475,8	1623,0	1767,0	1877,5	1960,8	1582,8
Борисоглебск	1037,6	1201,5	1381,7	1541,5	1690,8	1836,2	1945,4	2028,1	1679,4
Лиски	1050,8	1215,6	1394,3	1555,9	1707,7	1855,6	1968,4	2054,1	1799,4
Павловск	1039,3	1203,3	1382,0	1543,0	1695,3	1843,3	1955,1	2041,2	1784,4
Анна	988,3	1144,1	1313,8	1465,7	1607,9	1746,4	1852,1	1931,4	1604,6
Калач	1021,5	1184,5	1364,6	1525,2	1675,7	1821,9	1932,0	2016,1	1800,8
Богучар	1102,0	1272,3	1459,4	1627,4	1786,6	1941,5	2059,6	2152,4	1940,9

Анализ данных таблиц и их сравнение с требованиями оптимальных условий для выращивания подсолнечника и свеклы, приведенными выше, показывает, что, несмотря на значительное потепление в последнее тридцатилетие, выявленное на территории Воронежской области во все сезоны, кроме весны, в регионе сохраняются оптимальные условия температурного режима для возделывания подсолнечника и сахарной свеклы.

Среднегодовая сумма осадков на территории Воронежской области колеблется в пределах 490–580 мм, что вполне достаточно для успешного возделывания подсолнечника и сахарной свеклы. Однако не совсем благоприятные изменения в режиме осадков произошли из-за внутригодового перераспределения осадков. В [8] выявлено увеличение осадков зимой и значительное уменьшение осадков в весенне-летний период. Увеличение осадков зимой приводит к увеличению влаги в почве к началу вегетации. Но затем на фоне повышенных температур воздуха растения затрачивают значительное количество влаги на транспирацию, которое не восполняется в полной мере из-за уменьшения осадков весной и летом. Уменьшение осадков весной, в период всходов и формирования растений, особенно заметно в южных районах области (рис. 2).

Повышение температуры воздуха и уменьшение осадков увеличивают вероятность возникновения весенне-летних и летних засух, а также суховейных явлений. Среди комплексных показателей, применяемых для описания засух, наиболее популярен гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова [9]:

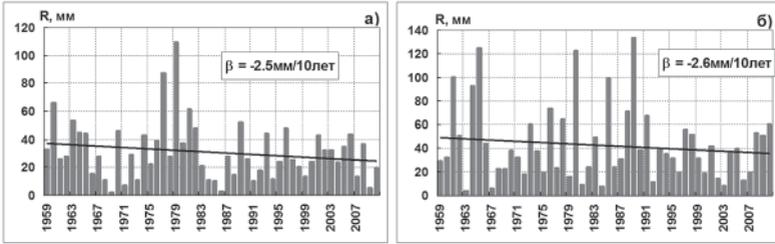


Рис. 2. Среднемесячное количество осадков на метеорологической станции «Богучар» в апреле (а) и мае (б)

$$\text{ГТК} = \sum R / 0,1 \sum T,$$

где $\sum R$ – сумма осадков в мм за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C ; $\sum T$ – сумма активных температур за этот же период.

В зависимости от величины ГТК Селянинов предложил оценивать метеорологическую ситуацию следующим образом:

- ГТК $< 0,5$ – очень засушливо;
- $0,5 < \text{ГТК} < 1,0$ – засушливо, недостаточно влажно;
- $1,0 < \text{ГТК}$ – избыточно влажно.

В табл. 3 представлена повторяемость атмосферных засух по ГТК Селянинова, рассчитанная за период 1966–2010 гг.

Таблица 3

Повторяемость (%) атмосферных засух по ГТК Селянинова Г. Т.

Станция	Градации	V	VI	VII	VIII	IX
Нижегородецк	Очень засушливо	23,8	11,9	14,3	26,2	31,0
	Засушливо, недостаточно влажно	38,1	23,8	33,3	42,9	21,4
	Избыточно влажно	38,1	64,3	52,4	31,0	47,6
Воронеж, ЦГМС	Очень засушливо	38,1	9,5	14,3	21,4	33,3
	Засушливо, недостаточно влажно	33,3	28,6	33,3	35,7	14,3
	Избыточно влажно	28,6	61,9	52,4	42,9	52,4
Каменная Степь	Очень засушливо	31,0	11,9	21,4	38,1	35,7
	Засушливо, недостаточно влажно	33,3	28,6	40,5	31,0	19,1
	Избыточно влажно	35,7	59,5	38,1	31,0	45,2

Окончание табл. 3

Станция	Градации	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Борисоглебск</i>	Очень засушливо	33,3	19,1	26,2	45,2	31,0
	Засушливо, недостаточно влажно	35,7	35,7	40,5	35,7	26,2
	Избыточно влажно	31,0	45,2	33,3	19,1	42,9
<i>Лиски</i>	Очень засушливо	35,7	11,9	16,7	35,7	33,3
	Засушливо, недостаточно влажно	38,1	26,2	42,9	40,5	19,1
	Избыточно влажно	26,2	61,9	40,5	23,8	47,6
<i>Павловск</i>	Очень засушливо	28,6	11,9	21,4	35,7	33,3
	Засушливо, недостаточно влажно	42,9	42,9	35,7	42,9	19,1
	Избыточно влажно	28,6	45,2	42,9	21,4	47,6
<i>Анна</i>	Очень засушливо	33,3	11,9	19,1	28,6	33,3
	Засушливо, недостаточно влажно	38,1	31,0	38,1	47,6	21,4
	Избыточно влажно	28,6	57,1	42,9	23,8	45,2
<i>Калач</i>	Очень засушливо	37,5	15,0	17,5	40,0	32,5
	Засушливо, недостаточно влажно	37,5	40,0	50,0	37,5	27,5
	Избыточно влажно	25,0	45,0	32,5	22,5	40,0
<i>Богучар</i>	Очень засушливо	42,9	28,6	31,0	38,1	40,5
	Засушливо, недостаточно влажно	38,1	23,8	31,0	42,9	21,4
	Избыточно влажно	19,1	47,6	38,1	19,1	38,1

Анализ таблицы показывает, что на всей территории Воронежской области вероятность возникновения засушливых и очень засушливых условий в мае превышает 60 %, а в южных районах увеличивается до 70–80 %. На юге области также велика повторяемость летних (июль - август) атмосферных засух. А данные о трендах ГТК, приведенные в [1], свидетельствуют об уменьшении увлажненности в этом районе, а, следовательно, вероятность возникновения засух увеличивается.

Повторяемость суховеев, которые оказывают негативное воздействие на состояние растений и формирование урожая, оценивалась с помощью индекса Е. А. Цубербиллер [10] для скоростей ветра меньше и больше 8 м/с. При слабом ветре (менее 8 м/с) чаще всего слабые суховеи наблюдаются весной и в начале лета (апрель – июнь), причем повторяемость таких суховеев

выше в центральных и юго-восточных районах области. Так, в Калаче и Каменной Степи повторяемость слабых суховеев в апреле достигает 80 %. При скорости ветра более 8 м/с возрастает повторяемость суховеев средней интенсивности, особенно часто они наблюдаются на юге и юго-востоке области в конце лета, где повторяемость таких суховеев в июле-августе составляет 70–80 %. В летние месяцы во всех районах области, кроме северо-западных, довольно велика повторяемость интенсивных суховеев (20–40 %).

Заключение

Проведенное исследование позволило установить, что влияние произошедших в последние годы изменений температурного режима и режима осадков на территории Воронежской области на условия возделывания основных сельскохозяйственных культур – подсолнечника и сахарной свеклы – неоднозначно. С одной стороны, повышение температуры воздуха увеличивает безморозный, а, следовательно, и вегетационный период, с другой стороны, уменьшение весенних и летних осадков ухудшает обеспечение растений влагой, повышает вероятность возникновения атмосферных засух и суховейных явлений, которые негативно влияют на развитие растений и формирование урожая. Но в целом с внесением минимальных агротехнических поправок, учитывающих эти изменения (например применение снегозадержания для увеличения влаги в почве весной в период прорастания семян), климатические условия Воронежской области остаются благоприятными для выращивания подсолнечника и сахарной свеклы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменений климата // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М., 2008. С. 288.*
2. *Oechel W.C., Hastings S.Y. et al. Resent change in Arctic tundra ecosystems from a carbon sink to a source // Nature. 1993. V. 361. P. 520–523.*
3. *Gruza G., Rankova E., Razuvaev V., Bulygina O. Indicators of climate change for the Russian Federation // Climate Change. 1999. V. 42. P. 219–242.*
4. *Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N., Groisman P.Ya. Climate variations and changes in extreme climate events in Russia // Environ. Res. Let. 2007. V. 2, N 4.*

5. *Шпаар Д., Гинанн Х., Щербаков В. и др.* Яровые масличные культуры / Под ред. В. Щербакова. Минск: ФУАинформ, 1999. 288 с.
6. *Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А. и др.* Сахарная свекла / Под ред. Д. Шпаара. Минск: ФУАинформ, 2000. 257 с.
7. *Научно-прикладной справочник СССР.* Многолетние данные, с. 3, ч. 1–6, вып. 28. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 365 с.
8. *Будыгина О. Н., Кориунова 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. 3–15.
9. *Селянинов Г. Т.* О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. Л., 1928. Вып. 20. С. 165–177.
10. *Цубербиллер Е. А.* Агроклиматическая характеристика суховеев / Под ред. М. С. Кулика и И. М. Петунина. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 119 с.

УДК 551.524.7:551.509.314

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОЦЕНОК ТРЕНДОВ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КВАНТИЛЬНОЙ РЕГРЕССИИ

А. М. Стерин¹, А. А. Тимофеев²

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

Введение

В современной климатологии большая роль отводится исследованиям различных тенденций в изменении климата на основе данных наблюдений. Для анализа долгопериодных тенденций (масштаба нескольких десятилетий) проводится анализ климатических трендов, при этом большинство исследований основано на определении трендов в средних значениях тех или иных величин. Существуют хорошо отлаженные технологии и программные средства для определения таких трендов, в большинстве реализующие широко известный в статистике метод наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов осуществляет вычисление регрессии условного среднего зависимой величины на одну или несколько независимых переменных, в частном случае для трендов – на временную переменную. Однако следует учитывать, что изменения во времени могут претерпевать не только средние значения величин, но и другие характеристики формы их распределения. Например, на фоне нулевого или статистически не значимого значения тренда в средних значениях за отдельные месяцы может меняться форма распределения случайной величины. Классический метод оценки климатических трендов в средних значениях, безусловно, позволяет получить сведения о тенденции «в среднем» изменения метеовеличины, но не позволяет исследовать более детально общую картину происходящих изменений.

Существуют подходы, направленные на исследования экстремальных явлений, учитывающие, например, тенденции изменений частоты таких событий, как выход наблюдаемых значений за

определенную границу [1]. Однако в более общем случае интерес представляют долгопериодные изменения формы распределения на всем диапазоне значений, принимаемых метеовеличиной.

Метод квантильной регрессии был впервые предложен в 1978 году в статье Р. Коенкера и Г. Бассетта [2]. Квантильная регрессия представляет собой процедуру оценки параметров линейной регрессии для любого из квантилей интервала от 0 до 1.

Метод квантильной регрессии был применен авторами настоящей статьи ранее для исследования трендов климатических рядов [3, 4]. В настоящей работе метод применен к данным наблюдений приземной температуры на 600 метеорологических станциях, расположенных на территории Российской Федерации, за период с 1961 по 2010 год. В первом разделе статьи приводятся сведения о методе квантильной регрессии. Во втором разделе приводятся примеры трендов для различных квантилей в реальных климатических рядах. В третьем разделе обсуждены особенности географического распределения трендов для различных квантилей, полученных путем обработки данных приземной температуры по 600 станциям территории Российской Федерации.

1. Метод квантильной регрессии

Для случайной переменной Y с функцией распределения вероятности

$$F(y) = \text{Prob}(Y \leq y)$$

τ -й квантиль определяется как обратная функция

$$Q(\tau) = \inf\{y: F(y) \geq \tau\},$$

где $0 < \tau < 1$. В частности, медиана представляет собой $Q(1/2)$.

Для произвольной выборки $\{y_1, \dots, y_n\}$ переменной Y известно, что медиана выборки определяется минимизацией суммы абсолютных отклонений

$$\min_{\varepsilon \in R} \sum_{i=1}^n |y_i - \varepsilon|.$$

Аналогично, в более общем случае выборочный τ -й квантиль $\varepsilon(\tau)$, являющийся аналогом $Q(\tau)$, может быть определен как решение оптимизационной задачи

$$\min_{\varepsilon \in R} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - \varepsilon),$$

где $\rho_{\tau}(z) = z(\tau - I(z < 0))$, $0 < \tau < 1$, а $I(\cdot)$ обозначает индикаторную функцию.

Известно, что выборочное среднее, минимизирующее сумму квадратов остатков

$$\hat{\mu} = \operatorname{argmin}_{\mu \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2,$$

может быть обобщено до понятия линейной условной функции среднего $E(Y|X = x) = x'\beta$ путем решения оптимизационной задачи

$$\hat{\beta} = \operatorname{argmin}_{\beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i'\beta)^2,$$

и мы в данном случае получаем решение задачи линейной регрессии традиционным методом наименьших квадратов (МНК-решение для регрессии).

Действуя по аналогии, для произвольного квантиля $0 < \tau < 1$ можно ввести понятие линейной условной функции $Q(\tau|X = x) = x'\beta(\tau)$ для любого $\tau \in (0, 1)$, нахождение этой функции осуществляется путем решения оптимизационной задачи

$$\hat{\beta}(\tau) = \operatorname{argmin}_{\beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - x_i'\beta).$$

Решение $\hat{\beta}(\tau)$ носит название коэффициента линейной квантильной регрессии, соответствующего некоторому $0 < \tau < 1$. Например, в частном случае при $\tau = 1/2$ минимизируется сумма абсолютных отклонений, что соответствует известной из статистики т.н. медианной регрессии.

Последнее выражение для оптимизационной задачи может быть представлено в другом виде:

$$\hat{\beta}(\tau) = \operatorname{argmin}_{\beta \in \mathbb{R}^p} \left[\sum_{i: y_i \geq x_i'\beta} \tau |y_i - x_i'\beta| + \sum_{i: y_i < x_i'\beta} (1 - \tau) |y_i - x_i'\beta| \right],$$

а ее решение в аналитическом виде невозможно, но осуществляется методом линейного программирования.

Достоинством метода квантильной регрессии является полнота информации о поведении исследуемой величины. В результате его применения в климатологии возможно получить вектор квантильных трендов в диапазоне квантилей от 0 до 1 практически с любой степенью детализации в зависимости от полноты входных данных, тогда как классический метод наименьших квадратов предоставляет всего одно значение тренда. Не менее важное преимущество заключается в том, что метод не является параметрическим, а следовательно, не предполагает, что распределение исследуемой величины принадлежит какому-либо

параметрическому семейству. Кроме того, квантильная регрессия относится к робастным методам, то есть она устойчива к выбросам в наблюдаемых величинах.

Решение задачи нахождения квантильных трендов сводится к решению задачи линейного программирования. Метод квантильной регрессии представлен в нескольких математических и статистических программных средствах. Например, в пакете R software (<http://www.r-project.org>) он реализуется при помощи процедуры «q» из библиотеки «quantreg». В системе SAS (<http://www.sas.com>), начиная с версии 9.1, доступна процедура QUANTREG, которая оценивает коэффициенты β и свободный член для заданной выборки, а также рассчитывает оценку стандартной ошибки.

2. Использованные данные и примеры климатических трендов на основе квантильной регрессии

В настоящей работе с помощью метода квантильной регрессии исследуется изменчивость максимальной суточной приземной температуры на 600 метеорологических станциях, расположенных на территории Российской Федерации, за период с 1961 по 2010 год. Данные были взяты из имеющегося в открытом доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД массива (<http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation>).

Метод квантильной регрессии позволяет детально изучить особенности долгопериодных трендов в разных частях диапазона принимаемых значений распределений на отдельной станции. Показательной характеристикой этих особенностей является т.н. трендовая процесс-диаграмма, представляющая зависимость величины соответствующего значению квантиля тренда от самой величины τ в диапазоне от 0 до 1.

Для каждой станции по многолетним рядам измерений приземной температуры определены тренды для квантилей при τ , равных 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 0,9; 0,95; 0,99. При этом расчет производился отдельно для разных сезонов (зима, весна, лето, осень) для того, чтобы минимизировать влияние годового хода температуры.

Тренд квантиля 0,50 определяет смещение медианы распределения во времени и наиболее близок к тренду средних значений, определяемых с помощью метода наименьших квадратов. Сравнение трендов квантилей 0,25 и 0,75 определяют изменение во времени половины от общего числа значений, симметрично

расположенных с обеих сторон от медианного («срединного») значения. Тренды для значений $\tau = 0,05$ и $0,95$ являются оценками изменений «хвостов» распределений, т.е. тенденций изменения значений, близких к экстремальным.

Рассмотрим полученные результаты более подробно на примере нескольких отдельных станций. Ниже приведено несколько конкретных примеров, иллюстрирующих эти особенности. На рисунке 1 слева представлены исходные данные и построенные методом квантильной регрессии линии трендов для значений квантилей 0,05; 0,10; 0,25; 0,50 (медианный тренд), 0,75; 0,90 и 0,95. Справа приводятся соответствующие процесс-диаграммы.

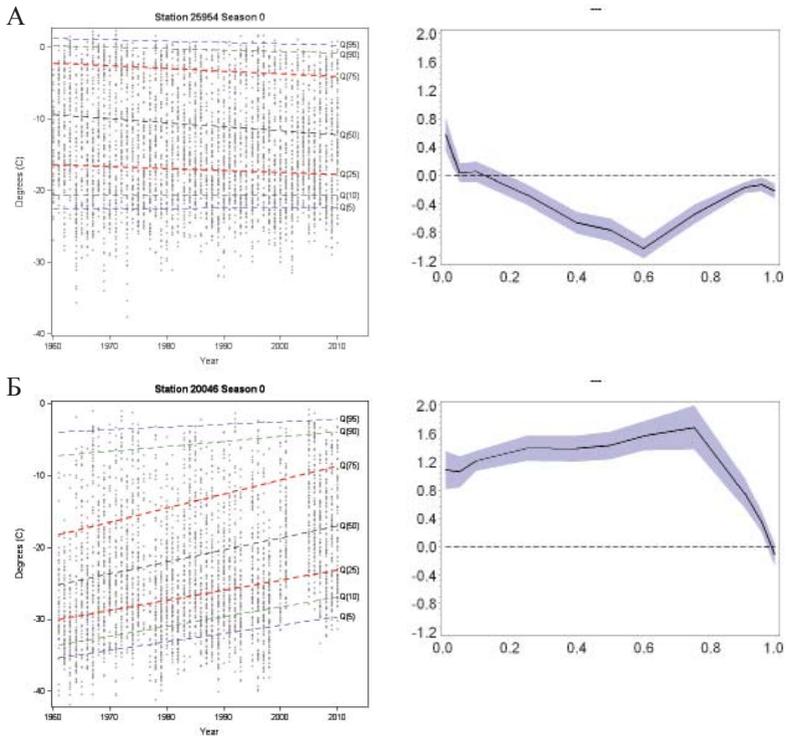
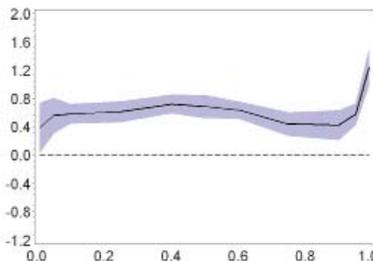
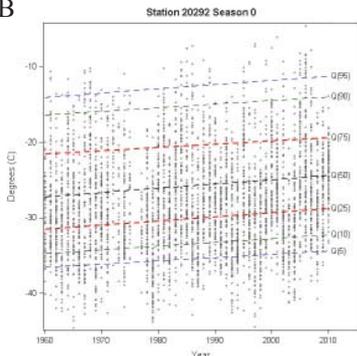


Рис. 1 (А, Б). Исходные данные и линии трендов для максимальной суточной температуры зимнего сезона различных станций (слева) и соответствующие процесс-диаграммы (справа) трендов, оцененных методом квантильной регрессии:

А) станция 25954 (Корф); Б) станция 20046 (Остров Хейса)

В



Г

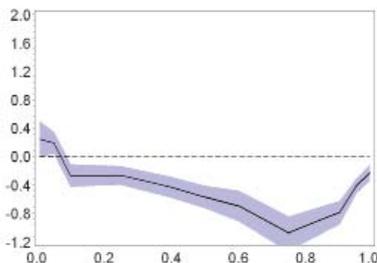
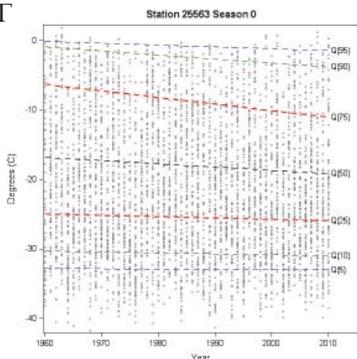


Рис. 1 (В, Г). Исходные данные и линии трендов для максимальной суточной температуры зимнего сезона различных станций (слева) и соответствующие процесс-диаграммы (справа) трендов, оцененных методом квантильной регрессии:
 В) станция 20292 (Мыс Челюскин); Г) станция 25563 (Анадырь)

Как следует из приведенных на рис. 1 примеров, имеются случаи параллельного хода линий трендов для различных квантилей (рис. 1 В). При этом процесс-диаграмма практически параллельна горизонтальной оси и смещена в положительную область (тренды разных квантилей положительны и близки по величине).

Однако в остальных приведенных здесь примерах значения трендов для различных квантилей различны.

На рисунке 1 А тренды на обоих концах диапазона квантилей близки к нулю (и даже положительны для малых квантилей), в то время как для срединной части диапазона квантилей тренды существенно меньше нуля.

На рисунке 1 Б изображено семейство квантильных трендов для зимы на станции 20046 (Остров Хейса). Видно, что на фоне значительных положительных трендов в трех нижних четвертях диапазона квантилей квантильные тренды в верхней его части ($Q(90)$ и $Q(95)$) значительно меньше. Это говорит о том, что правая часть распределения, то есть область максимальных значений, смещается вправо незначительно, в то время как вся оставшаяся часть распределения существенно смещается вправо, в целом при этом распределение сужается.

Наконец, для станции Анадырь (рис. 1 Г) тренды для малых квантилей близки к нулю, для остальных же частей диапазона квантилей они существенно меньше нуля.

Особенности трендов зимней температуры в разных частях диапазона квантилей, в частности для северо-востока территории России, более детально рассматриваются в следующем разделе.

3. Географическое распределение трендов максимальной суточной температуры, полученных методом квантильной регрессии

На рис. 2 показано географическое распределение полученных методом квантильной регрессии трендов максимальной суточной приземной температуры в зимние месяцы для квантилей, соответствующих $\tau = 0,05; 0,25; 0,5$ (медиана); $0,75$ и $0,95$ соответственно. Показаны только те точки станций, для которых тренды значимо отличны от нуля.

Отчетливо видны схожие тенденции в пределах географически близко расположенных групп станций, причем в основном эти тенденции качественно сохраняются при вычислениях трендов для различных значений τ .

К числу выявленных наиболее существенных схожих тенденций изменения максимальной суточной зимней температуры в пределах географически близко расположенных групп станций, наблюдающихся одновременно при всех рассматриваемых значениях τ , следует отнести:

- положительные тренды на всей территории Европейской России;
- положительные тренды на территориях южной части Западной Сибири, Забайкалья, Приамурья и Приморья;

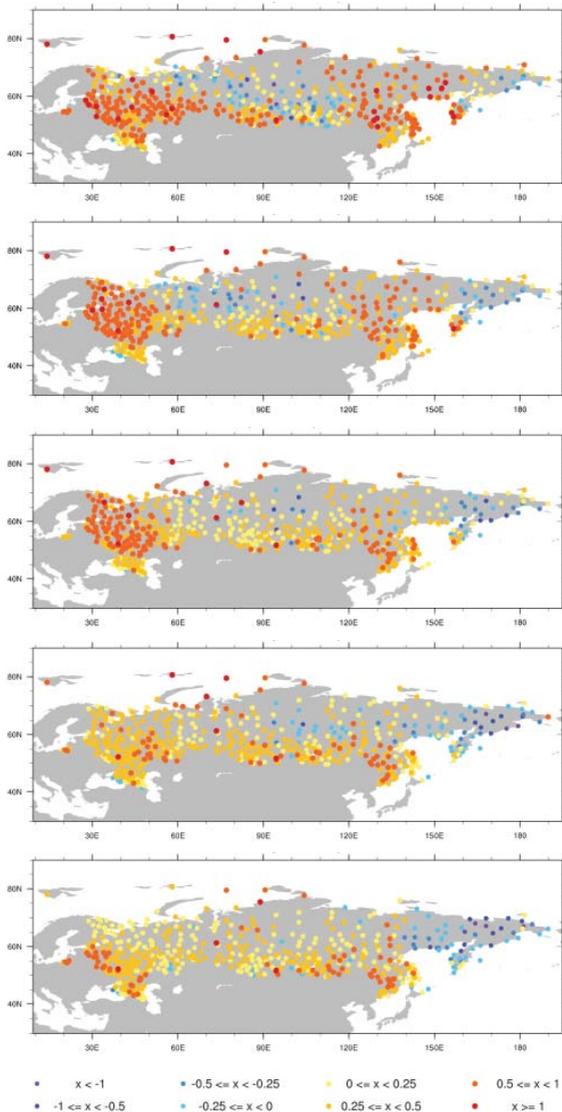


Рис. 2. Географическое распределение квантильных трендов максимальной суточной приземной температуры воздуха для зимнего сезона по данным российских станций для квантилей $Q(0,05)$, $Q(0,25)$, $Q(0,5)$, $Q(0,75)$ и $Q(0,95)$. Величина трендов на нижней панели рисунка дана в $^{\circ}\text{C}/10$ лет.

- положительные тренды на ряде островных и прибрежных станций Крайнего Севера;
- отрицательные в целом тренды на северо-востоке Азиатской территории (Магаданская область, Чукотка, Камчатский край).

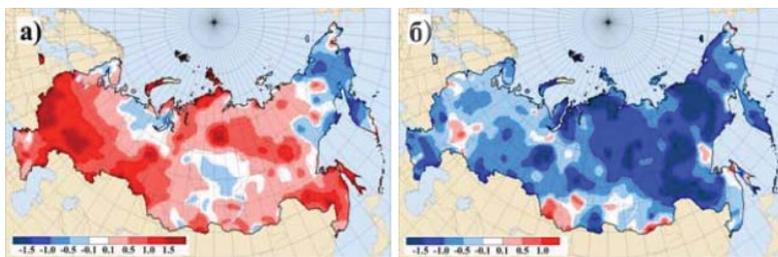
В то же время имеются различия в проявлении отмеченных тенденций при различных значениях τ . Наиболее интересные из них отмечены ниже.

Положительные тренды на всей территории Европейской России наиболее выражены при малых значениях τ . При росте значений τ здесь наблюдается уменьшение площади с более высокими положительными трендами, что, однако, не меняет знака трендов. Типичной картиной трендов для этой территории является сужающийся пучок линий квантильной регрессии, имеющих положительный наклон. Таким образом, зимой на территории Европейской России быстрее возрастают наиболее холодные температуры, за счет чего вариабельность температуры на этой территории несколько уменьшается.

Для территорий крайнего северо-востока Восточной Сибири и Чукотки с возрастанием значений τ наблюдаются расширение области отрицательных трендов и возрастание отрицательных трендов по абсолютной величине. Таким образом, здесь быстрее убывают наиболее теплые температуры, в то время как наиболее холодные значения не убывают или убывают существенно медленнее. Типичной картиной трендов для этой территории является сужающийся пучок линий квантильной регрессии, имеющих, в отличие от Европейской России, не положительный, а отрицательный для большей части рассматриваемой территории наклон. Вариабельность температуры на территориях крайнего северо-востока Восточной Сибири и Чукотки несколько уменьшается.

При малых значениях τ в Западной и Центральной Сибири наблюдается значительное количество станций с отрицательными величинами трендов. При возрастании же значений τ количество станций с отрицательными величинами трендов в этих регионах уменьшается. Так при $\tau = 0,5$ станций с отрицательными величинами трендов зимнего сезона уже нет в Западной Сибири, но они еще присутствуют в Центральной Сибири. При дальнейшем росте τ станции с отрицательными величинами трендов зимнего сезона исчезают: для $\tau = 0,95$ их уже нет на территориях как Западной, так и Центральной Сибири.

В работах [5, 6] для оценки изменения экстремальности климата, в частности температурного режима, на территории Российской Федерации было предложено характеризовать это изменение значениями коэффициентов линейного тренда, полученными по рядам числа дней, когда максимальная суточная температура T_{max} превышает предельное (95 %, т. е. для $\tau = 0,95$) значение и когда минимальная суточная температура T_{min} меньше предельного значения для 5 % (т. е. для $\tau = 0,05$). Результаты таких регулярно обновляемых оценок в виде карт линейных трендов представляются авторами работ [5, 6] на сайте ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/196-extremclim>). В период 1971–2010 гг. для зимы они воспроизводятся нами на рис. 3.



*Рис. 3. Географическое распределение линейного тренда числа дней (дни/10 лет), при которых приземная температура зимой: а) превышает многолетнее значение для $\tau = 0,95$ (слева), б) не превышает многолетнее значение для $\tau = 0,05$ (справа).
Источник: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/196-extremclim>*

Сопоставление результатов настоящей работы с результатами, представленными на рис. 3, свидетельствует об их соответствии друг другу. В методике оценки [5, 6] пороговые значения температур, соответствующие $\tau = 0,95$ и $\tau = 0,05$, вычисляются по всей совокупности значений, наблюдавшихся в течение длительного (сорокалетнего) периода. Для $\tau = 0,95$ рост числа дней с превышением значений T_{max} этого фиксированного порогового значения соответствует оцененному с помощью квантильной регрессии тренду значений температуры при $\tau = 0,95$ (если значения наблюдений, соответствующие 0,95 квантилю, со временем возрастают, то число наблюдений, превышающее фиксированное пороговое значение на «правом хвосте» распределения, также будет возрастать). Напротив, если значения наблюдений, соответствующие

0,95 квантилю, со временем убывают, то число наблюдений, превышающее фиксированное пороговое значение на «правом хвосте» распределения, также будет убывать, что мы и видим на северо-востоке Азиатской территории (Магаданская область, Чукотка, Камчатский край – северная часть).

При анализе результатов для «левого хвоста» распределений (вблизи значений, соответствующих 0,05 квантилю) следует отметить, что наши расчеты с применением метода квантильной регрессии проводились для максимальной суточной температуры, в то время как результаты работ [5, 6] для $\tau = 0,05$ получены для минимальной суточной температуры. Тем не менее здесь также имеется качественное соответствие: если значения наблюдений, соответствующие 0,05 квантилю, со временем возрастают, то число наблюдений, не превышающее фиксированное пороговое значение на «левом хвосте» распределения, со временем будет убывать, что мы и видим из сопоставления результатов на рис. 2 и 3.

Заключение

Анализ географического распределения полученных методом квантильной регрессии трендов при различных значениях продемонстрировал наличие нескольких регионов, в которых для максимальной суточной температуры зимы можно отметить четко выраженные географические особенности. Ряд географических особенностей имеет одинаковое проявление при изменениях τ , другие же географические особенности проявляются при различных τ различным образом.

Результаты по изменениям температуры на территории РФ для зимы, полученные методом квантильной регрессии, хорошо соответствуют результатам, полученным другими авторами путем оценки трендов в числе дней непревышения порогового значения для квантиля на правом и превышения порогового значения для квантиля на левом «хвостах распределения».

В статье были приведены оценки трендов методом квантильной регрессии только для одного из четырех сезонов – зимнего сезона, и только для одной из характеристик суточной температуры – максимальной суточной температуры. Несмотря на указанные ограничения, объем вычислений и объем результирующих материалов велики, и анализ результатов здесь носил качественный характер.

Для более полной картины с использованием данных всех четырех сезонов требуются обобщающие региональные оценки проявления долгопериодных тенденций изменения, полученные с использованием аппарата квантильной регрессии. Получение и анализ таких оценок предполагается осуществить в последующих публикациях.

Работа выполнена при частичной поддержке совместного проекта Евросоюза и РФФИ ERANETRUSACPCA (код РФФИ 12-05-91656).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gruza G., Rankova E., Razuvaev V., Bulygina O.* Indicators of climate change for the Russian Federation // *Climate Change*. V. 42. P. 219–242.
2. *Koenker R., Bassett G. Jr.* Regression Quantiles // *Econometrica*. 1978. V. 46, N 1. P. 33–50.
3. *Стерин А.М., Тимофеев А.А.* Долгопериодные тенденции изменения характеристик variability внутригодового масштаба для температуры в свободной атмосфере // *Вычислительные технологии*. 2007. Т. 11, ч. 3. С. 52–58.
4. *Тимофеев А.А., Стерин А.М.* Применение метода квантильной регрессии для анализа изменений характеристик климата // *Метеорология и гидрология*. 2010. № 5. С. 27–41.
5. *Бulygina O. N., Koryunova N. N., Razuvaev V. N., Shaymardanov M. Z., Швец Н.В.* Изменчивость экстремальных климатических явлений на территории России // *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. 2000. Вып. 187. С. 16–31.
6. *Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Korshunova N. N., Groisman, P. Ya., 2007:* Climate variations and changes in extreme climate events in Russia., *Environ. Res. Let.* 2. N 4 (October–December 2007)045020. 7 p.

УДК 551.583:[551.510.52:551.508.822]

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТРОПОПАУЗЫ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ РФ ПО РАДИОЗОНДОВЫМ ДАННЫМ

Л. Ф. Козлова¹, А. М. Стерин²

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

¹ kozlovalida@meteo.ru, ² sterin@meteo.ru

Введение

Тропопауза является переходным слоем в атмосфере, своеобразной границей раздела между тропосферой и стратосферой. Процессы и явления, происходящие вблизи тропопаузы, оказывают существенное воздействие на метеорологические и геофизические процессы в атмосфере.

Известно, что состояние тропопаузы является отражением изменений в глобальной климатической системе. В связи с последними данными об изменении климата актуальность вопроса исследования тропопаузы не вызывает сомнения.

Широкий спектр научных работ связан с изучением свойств и особенностей тропопаузы, в том числе с обнаружением факторов, провоцирующих изменения ее параметров [1, 2, 3]. Тем не менее поведение тропопаузы над территорией РФ, ее структура, изменчивость, особенности распределения требуют более детального изучения.

Среди проводимых в последнее время исследований этого слоя российскими учеными следует особо выделить работу А. Р. Ивановой [4], в которой приводится подробное описание определений тропопаузы согласно различным критериям. Существенным вкладом в изучение динамики внетропической тропопаузы Северного полушария является диссертация А. Р. Ивановой [5].

В работах [6, 7] расчет высоты тропопаузы ведется в том числе и с целью построения прогностических карт в рамках развития методов и технологий авиационного прогноза. Для прогнозов высоты тропопаузы Н. П. Шакиной и В. В. Борисовой используется собственная оригинальная методика расчета на основе данных о геопотенциале, температуре и ветре. В исследовании [8],

посвященном расчету факторов динамического вынуждения осадков, высота тропопаузы представляет собой один из таких факторов и вычисляется в качестве значимого индикатора поперечных циркуляций.

Известно, что тропопауза является мощным задерживающим слоем, препятствующим вертикальному переносу аэрозолей и водяного пара. Процесс переноса сквозь тропопаузу имеет большое практическое значение, поэтому роль тропопаузы в процессе вертикального переноса подвергалась тщательному изучению с момента ее открытия. В этой связи можно отметить работу [9], посвященную изучению процессов массообмена через тропопаузу во внетропических широтах на основе анализа баллонных данных озона и водяного пара, а также цикл исследований [10, 11, 12] об оценках потоков озона через тропопаузу.

Кроме того, особого внимания заслуживает анализ долговременных изменений вертикального распределения озона и температуры, проведенный по озонозондовым данным. В работе [13] получены выводы о связи наблюдаемых долговременных изменений парциального давления озона с изменениями высоты тропопаузы. Уменьшение содержания озона в нижней стратосфере сопровождалось подъемом тропопаузы. По данным проведенного исследования был зафиксирован подъем тропопаузы в несколько сотен метров на большинстве средне- и высокоширотных озонозондовых станций Европы и Северной Америки [13].

Говоря о последних исследованиях слоя тропопаузы за рубежом, следует упомянуть работу американских ученых Д. Сейдел и У. Рэндэла [14] об изменчивости и трендах глобальной тропопаузы на основе радиозондовых данных. В их работе показано, что внетропическая тропопауза более чувствительна к изменениям температуры, чем тропическая. Как для тропической, так и для внетропической тропопаузы месячные аномалии высоты тропопаузы более восприимчивы к изменениям температуры стратосферы, нежели к температурным изменениям тропосферы. Практически для всех проанализированных учеными станций тренды высоты тропопаузы являются положительными (для внетропических преимущественно), приводя к оценке величины глобального тренда 64 ± 21 м/10 лет.

Б. Д. Сантер в своих работах [1, 15] определяет значительную роль антропогенных воздействий на высоту тропопаузы, учитывая

между тем и естественные факторы, вызывающие изменения ее высоты. Кроме того, группой исследователей во главе с Б. Д. Сантером получены выводы о том, что за последние 20 лет средняя глобальная высота тропопаузы увеличилась приблизительно на 200 метров [2]. Ученые предполагают, что по изменениям высоты тропопаузы можно судить о состоянии климата. Однако более поздние исследования С.-В. Сун, Л. М. Полвани и др. ставят под сомнение данное суждение [16]. С помощью модели общей циркуляции атмосферы ученые утверждают, что в будущем высота тропопаузы будет также возрастать, тем не менее регенерация озона стратосферы должна повлиять на этот процесс в обратном направлении [16].

Немаловажны исследования испанских ученых, ведущих активное изучение различных характеристик слоя тропопаузы. А. Хуан, Л. Гимено и др. останавливают свое внимание на изменениях высоты тропопаузы в регионе Евразии [17], поскольку по результатам их исследований именно во внетропических широтах происходит наибольшее увеличение высоты тропопаузы. Помимо этого, ученые проводят исследования феномена множественной тропопаузы и глобальной структуры таких случаев [18, 19]. Согласно [18], число двойных и тройных тропопауз максимально вблизи субтропических струйных течений для обоих полушарий и рядом с областью полярного струйного течения для Южного полушария. Осуществлялись работы по изучению влияния квазидвухлетнего колебания на давление и высоту тропопаузы [20], а также другие исследования, посвященные тропопаузе [21].

В работе немецкого ученого К. Хоинка представлены статистики по значениям давления для глобальной тропопаузы за период с 1979 по 1993 г. [22]. Было установлено, что над Арктикой в регионе 90° з. д. наблюдались максимум среднего годового значения давления тропопаузы, а также ряд других важных аспектов, однако трендов высоты и температуры обнаружено не было.

В исследованиях П. Кишо [23] и У. Рэндела [24] особое внимание уделяется климатологическим характеристикам и изменчивости тропической тропопаузы, представляющей интерес для наилучшего понимания механизмов тропосферно-стратосферного взаимодействия.

Направления работ некоторых отечественных ученых также связаны с исследованиями в области тропической тропопаузы.

Так С. М. Шметером, А. А. Постновым и др. получены новые экспериментальные данных о мезомасштабных и турбулентных пульсациях температуры и ветра в зоне тропической тропопauses [25], а также мезомасштабной изменчивости влажности воздуха вблизи экваториально-тропической тропопauses [26]. В работе Г. Н. Шур и Н. М. Ситникова [27] приводятся некоторые результаты исследований термодинамики слоя тропопauses также тропического типа.

Несомненным ценнейшим вкладом в понимание природы тропопauses и в исследование структуры полей ее характеристик является цикл классических трудов З. М. Махова. Ученый впервые систематизировал основные сведения о тропопause, обобщив в своей монографии [28] результаты работ советских и зарубежных исследователей, проводимых до 1983 года. Несмотря на фундаментальность представленных данных о тропопause, работы З. М. Махова продолжали оставаться малоизвестными до недавнего времени, когда впервые на английском языке была опубликована статья [29] об этом выдающемся ученом своего времени. Однако у современных исследователей имеется возможность изучения характеристик тропопauses и долгопериодных тенденций их изменений на основе значительно более полных источников данных и за более длительный период.

Более того, в настоящее время появились несколько различных источников получения информации о тропопause, иных, чем радиозондовые данные, – массивы реанализа (ERA40, NCEP), спутниковые данные (GPS/MET, CHAMP, SAC-C), результаты численного моделирования. Многочисленные исследования слоя тропопauses проводятся с использованием этих источников информации [15, 23, 24] и включают результаты сопоставления характеристик, полученных из различных источников и анализ причин различий. Тем не менее одним из основных источников эмпирических данных о тропопause и изменениях ее характеристик продолжают оставаться радиозондовые данные.

Имеющиеся в настоящее время массивы радиозондовых данных (CARDS, IGRA, АЭРОСТАБ) по глобальной сети наблюдений позволяют не только изучить и уточнить структуру климатических характеристик тропопauses, но и дают возможность определить тенденции ее долгопериодных изменений, в том числе с учетом изменений, произошедших в последние годы.

За последние двадцать лет климатические характеристики тропопазы изменились и продолжают изменяться, о чем свидетельствуют различные научные исследования. Стоит сказать, что усовершенствовались и методы получения и обработки климатологических данных, существенно расширились возможности анализа данных. Поэтому состояние параметров тропопазы требует более подробного рассмотрения и постоянного мониторинга с использованием современных технологий, в особенности над территорией России, где качественный анализ климатологии тропопазы практически не ведется или ведется в малом масштабе.

Занимаясь исследованиями этого атмосферного переходного слоя, необходимо учитывать многие климатологические вопросы, в том числе распределение тропопазы над земным шаром, ее закономерности и особенности строения в различных географических зонах Земли. Следует отметить, что, анализируя характеристики тропопазы над территорией РФ, нужно принимать во внимание большую протяженность ее территории, а также наличие обоих географических типов тропопазы (полярной и тропической).

Данная работа посвящена анализу некоторых климатических показателей тропопазы, отражающих ее многолетний режим над территорией РФ, на основе массива двоичного формата АЭРОСТАБ [30], пополнение которого осуществлялось в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». В настоящее время данные аэрологических наблюдений, поступающие в оперативном режиме по каналам связи, хранятся в символьном формате АЭРОСТАС [31].

1. Используемые данные и их обработка

Используемый в работе массив АЭРОСТАБ содержит текущие данные радиозондовых наблюдений, собираемых в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» по глобальной сети станций. В массиве данные представлены на уровне земли, на стандартных изобарических поверхностях, на особых уровнях по температуре и влажности, на особых уровнях по ветру, на уровне тропопазы. Содержанием архива являются проконтролированные значения давления, высоты геопотенциала, температуры, дефицита точки росы, направления и скорости ветра, облачности. Каждый файл данных содержит поступившие данные за месяц по N станциям и представляет собой последовательность записей переменной

длины, которые упорядочены по индексам станций, для каждой станции по дням месяца, для каждого дня месяца по срокам, для каждого срока, который является записью, по уровням.

Постанционные ряды наблюдений массива АЭРОСТАБ формировались путем инвертирования исходных данных в файлы и обрабатывались стандартными статистическими методами.

В процессе обработки также осуществлялась проверка соответствия данных на уровне тропопаузы критерию ВМО, согласно которому тропопауза и ее характер определяются по значениям и изменению вертикального градиента температуры [28]. Путем совместной обработки с данными на вышележащих уровнях, расчетов температурных градиентов были выполнены соответствующие проверки. Кроме того, выявлялось наличие (отсутствие) множественной тропопаузы.

Исследование проводилось для 92 относительно полных и длиннорядных аэрологических станций различных частей территории РФ за период 1978–2007 гг.

Известно, что при массовой аэроклиматической обработке данных удобно использовать прием разделения тропопаузы на полярную и тропическую по высоте ее нижней границы [28]. Границей, разделяющей полярную и тропическую тропопаузы, была принята высота 14 км. Все случаи с высотой нижней границы тропопаузы до 14 км относились к полярной тропопаузе, 14 км и выше – к тропической. В данной работе идентификация географического типа тропопаузы проводилась согласно этому критерию, применение которого значительно упрощает получение характеристик тропопаузы, допуская при этом небольшие абсолютные ошибки.

2. Анализ климатических характеристик тропопаузы

В ходе проделанной работы были выполнены расчеты традиционных и порядковых статистик метеовеличин на уровне нижней границы тропопаузы (НГТ). В частности, для температуры, давления и высоты НГТ были вычислены следующие статистические величины: средние, среднеквадратические отклонения (σ); максимум (макс), минимум (мин), их разность (размах); число корректных наблюдений (N); асимметрия (A) и эксцесс (E); медиана (med); первая и третья квартили (q_1 и q_3), их разность (межквартильный размах (qrange)); 5-, 10-, 90- и 95-процентные квантили (p_5 , p_{10} , p_{90} и p_{95}) (табл. 1).

Таблица 1

**Статистические характеристики рядов наблюдений высоты НГТ
за 1978–2007 гг. по данным массива АЭРОСТАБ**

Станция	Месяц	Высота, км							
		N	Сред.	σ	A	E	Макс	Мин	Размах
Оленек	Январь	1134	8,89	1,04	-0,14	0,1	12,16	4,99	7,16
	Июль	1036	10,49	1,09	-0,57	0,14	12,82	6,12	6,69
Долгопрудная	Январь	1219	9,93	1,24	-0,21	-0,15	13,31	6,11	7,2
	Июль	1332	10,93	0,96	-0,47	0,08	13,5	7,5	6
Ивдель	Январь	1082	9,71	1,25	-0,3	-0,23	12,93	5,16	7,77
	Июль	1127	10,92	0,98	-0,53	0,04	13,14	6,85	6,29
Оренбург	Январь	934	9,87	1,12	-0,22	-0,2	12,51	5,99	6,52
	Июль	936	10,9	0,94	-0,38	0,1	13,8	8,01	5,8
Волгоград	Январь	1146	10,16	1,08	-0,598	0,72	13,01	5,6	7,41
	Июль	1120	10,87	0,99	-0,1	0,91	13,99	6,79	7,2
Воейково	Январь	1285	9,881	1,31	-0,04	-0,4	13,31	5,89	7,43
	Июль	1361	10,84	1,01	-0,35	-0,16	13,85	7	6,85
Станция	Месяц	Высота, км							
		p95	p90	q3	med	q1	p10	p5	qrange
Оленек	Январь	10,60	10,16	9,61	8,93	8,17	7,53	7,18	1,44
	Июль	12,03	11,82	11,29	10,62	9,81	8,90	8,51	1,48
Долгопрудная	Январь	11,97	11,5	10,82	9,99	9,03	8,32	7,95	1,79
	Июль	12,33	12,01	11,57	11,01	10,29	9,57	9,27	1,28
Ивдель	Январь	11,61	11,27	10,6	9,782	8,91	8	7,51	1,69
	Июль	12,28	12,07	11,71	10,999	10,31	9,54	9,11	1,4
Оренбург	Январь	11,52	11,33	10,66	9,95	9,01	8,44	8	1,65
	Июль	12,25	12	11,51	10,99	10,4	9,53	9,1	1,11
Волгоград	Январь	11,77	11,49	10,99	10,28	9,504	8,63	8,01	1,49
	Июль	12,49	12,00	11,5	10,99	10,36	9,51	9,18	1,14
Воейково	Январь	12,01	11,51	10,79	9,99	8,95	8,09	7,78	1,84
	Июль	12,32	12,05	11,55	10,97	10,11	9,47	9,06	1,44

По результатам сопоставления полученных статистик с аналогичными статистическими характеристиками атласа [32] за 1957–1965 гг. можно заметить, что наблюдается некоторый подъем высоты тропопаузы.

Также были выполнены расчеты годовых амплитуд средних многолетних значений температуры, высоты и давления на НГТ. Годовые амплитуды высоты НГТ для рассмотренных станций

заключаются в пределах от 1,0 до 3,8 км, температуры – от 3,1 до 15,4 °С и давления – от 17,8 до 115,3 гПа. Полученные характеристики соответствуют аналогичным результатам, полученным независимо в других источниках, в частности в [28].

Ниже представлена таблица годовых амплитуд средних многолетних значений для соответствующих характеристик нижней границы тропопаузы (табл. 2).

Таблица 2

Таблица годовых амплитуд средних многолетних значений высоты, температуры и давления на нижней границе тропопаузы

Станция, индекс	Hmax–Hmin, ГПМ	Tmax–Tmin, °С	Pmax–Pmin, гПа
Кемь, 22522	1303,8	10,4	29,6
Оленек, 24125	2038,9	11,7	58,1
Долгопрудная, 27612	1263,1	8,5	31,0
Ивдель, 23921	1213,5	10,4	26,5
Охотск, 31088	2680,2	6,3	71,8
Дивное, 34858	1256,6	13,1	32,2
Кызыл, 36096	1371,1	10,7	29,6
Волгоград, 34560	1316,5	12,3	30,7

Кроме того, были получены оценки линейных трендов характеристик тропопаузы для каждой из рассмотренных длиннорядных станций территории РФ. Тренды месячных аномалий высоты геопотенциала и температуры на нижней границе тропопаузы для большинства станций являются статистически значимыми положительными (табл. 3, в скобках указаны стандартные ошибки вычисления трендов).

Таблица 3

Таблица оценок линейных трендов месячных аномалий температуры, давления и высоты геопотенциала на нижней границе тропопаузы

Станция	Индекс станции	Тренд Т (°С/10 лет)	Тренд Р (гПа/10 лет)	Тренд Н (ГПМ/10 лет)
о. Диксон	20674	0,74(0,16)	6,09(1,33)	-133,35(34,98)
Кемь	22522	0,3(0,12)	-3,8(1,05)	109,6(30,91)
Каргополь	22845	0,16(0,13)	8,91(1,12)	-236,11(39,03)
Норильск	23078	0,46(0,13)	7,1(1,29)	-181,03(35,82)
Салехард	23330	0,18(0,13)	-2,85(1,13)	87,55(34,35)
Туруханск	23472	0,51(0,13)	4,27(1,16)	-101,73(36,78)
Ивдель	23921	0,16(0,14)	-1,58(1,15)	44,51(38,31)

Окончание табл. 3

Станция	Индекс станции	Тренд Т (°С/10 лет)	Тренд Р (гПа/10 лет)	Тренд Н (ГПМ/10 лет)
Оленек	24125	0,15(0,14)	-2,11(1,18)	63,73(30,61)
Вилойск	24641	0,28(0,12)	3,49(1,1)	-72,09(33,31)
Долгопрудная	27612	0,18(0,12)	-1,97(0,96)	68,52(32,56)
Уфа	28722	0,4(0,15)	-4,06(1,36)	130,94(53,41)
Киренск	30230	0,28(0,11)	-2,5(0,98)	90,92(31,63)
Охотск	31088	0,41(0,13)	-4,77(1,06)	131,79(31,78)
Благовещенск	31510	0,38(0,12)	2,75(0,96)	-66,35(29,75)
Дальнереченск	31873	0,46(0,11)	-2,36(0,98)	106,02(28,57)
Южно-Сахалинск	32150	0,22(0,1)	-2,76(0,9)	103,5(28,03)
Петропавловск-Камч.	32540	0,21(0,12)	-2,2(0,96)	111,67(30,61)

В таблице 3 представлены некоторые станции, для которых стандартные ошибки вычисления трендов всех трех характеристик не превышают сами значения трендов по абсолютной величине.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены карты оценок линейных трендов месячных аномалий температуры, высоты и давления НГТ для станций территории РФ соответственно.

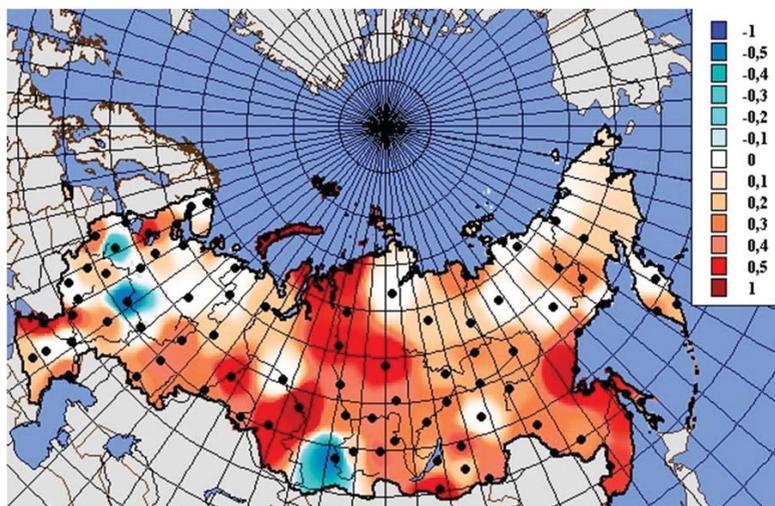


Рис. 1. Карта оценок линейных трендов месячных аномалий температуры НГТ для станций территории РФ (°С/10 лет)

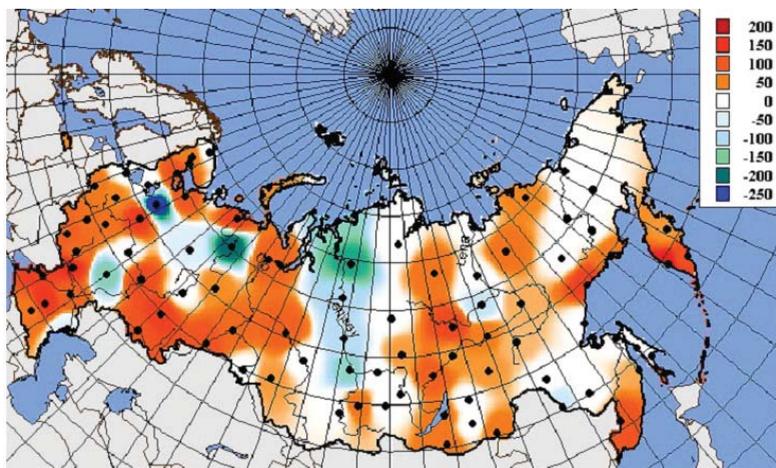


Рис. 2. Карта оценок линейных трендов месячных аномалий высоты для станций территории РФ (ГПМ/10 лет)

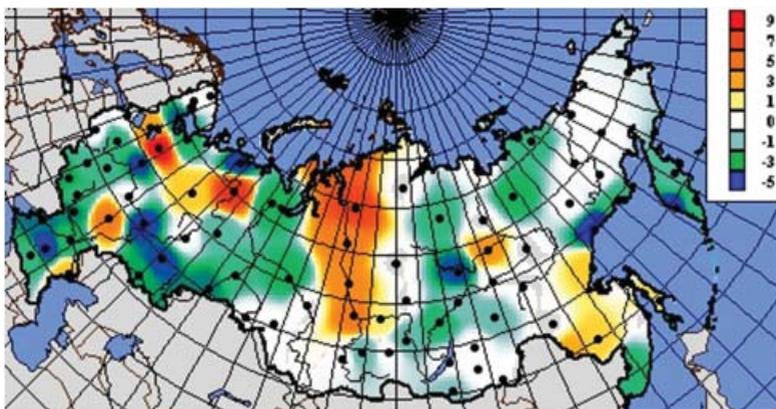


Рис. 3. Карта оценок линейных трендов месячных аномалий давления НГТ для станций территории РФ (гПа/10 лет)

Рассмотрены особенности годового хода трендов. На рисунке ниже показан годовой ход трендов вышеперечисленных характеристик тропопазы (рис. 4) для станций Долгопрудная, Волгоград и Охотск. Показаны стандартные ошибки вычисления трендов. Видно, что при рассмотрении трендов за отдельные месяцы картина более сложная и неоднозначная, чем для результатов оценки трендов месячных аномалий по хронологически упорядоченным данным.

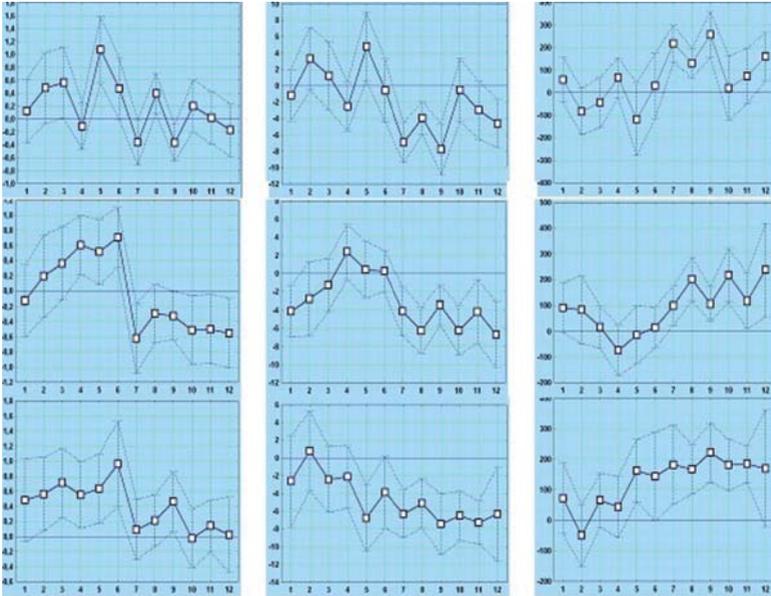


Рис. 4. Годовой ход линейных трендов температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) (слева), давления ($\text{гПа}/10$ лет) (в центре) и геопотенциальной высоты ($\text{ГПМ}/10$ лет) (справа) для станций Долгопрудная (верхний ряд), Волгоград (средний ряд) и Охотск (нижний ряд)

Для 73 % исследуемых станций тренды месячных аномалий температуры НГТ являются статистически значимыми положительными. Максимальное значение тренда температуры определяется для станции Колпашево. Тренды месячных аномалий высоты НГТ для 54 % исследуемых станций положительны, для 32 % – статистически незначимы. Максимальное положительное значение тренда фиксируется для станции Соболево. Тренды месячных аномалий давления НГТ для 42 % исследуемых станций отрицательны, для 20 % – статистически незначимы, для остальных – положительны. Для станции Охотск отмечается максимальное отрицательное значение тренда месячных аномалий.

Также получены коэффициенты линейного тренда в рядах средних за зимний и летний периоды значений температуры, давления и высоты НГТ.

Распределение коэффициентов линейных трендов средней высоты, температуры и среднего давления НГТ для зимнего и летнего периодов представлено на рисунках 5 и 6.

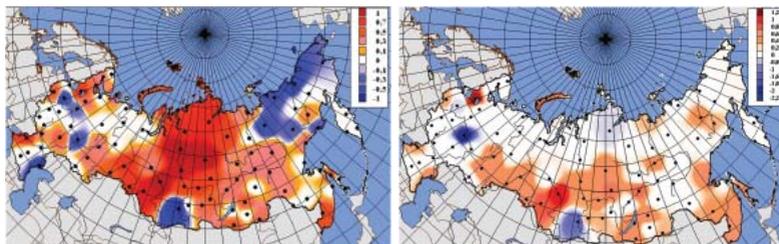


Рис. 5. Коэффициенты линейных трендов средней температуры НГТ (град.С/10 лет) за летний период (слева) и зимний период (справа) соответственно

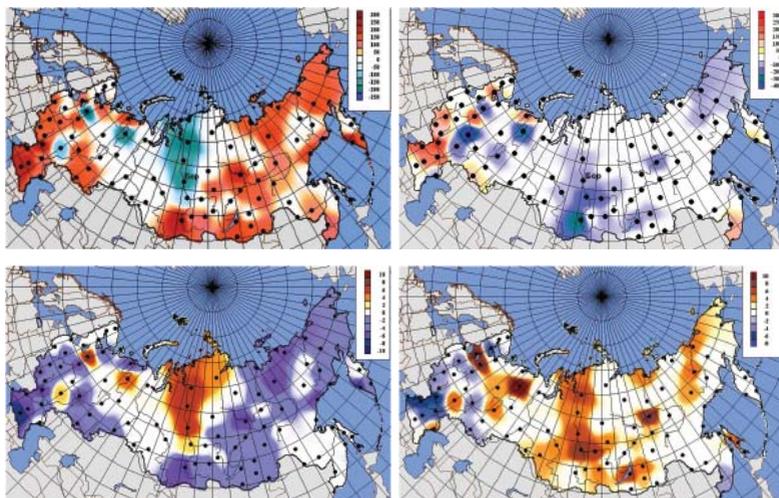


Рис. 6. Коэффициенты линейных трендов средней геопотенциальной высоты (ГПМ/10 лет) (верхний ряд) и давления (гПа/10 лет) (нижний ряд) за летний период (слева) и зимний период (справа) соответственно

По результатам проведенных исследований можно сказать, что структура полей полярной тропопаузы над РФ соответствует тем представлениям, которые сформировались в 70–80-е годы XX века.

Характер трендов высоты и температуры для НГТ (полярной) соответствует представлениям о потеплении климата.

Также считается целесообразной подготовка справочника с учетом самых последних данных.

Дальнейшие исследования планируется проводить на основе массивов радиозондовых данных CARDS, IGRA.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ 07-05-00264а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Santer B.D. et al.* Contributions of anthropogenic and natural forcing to recent tropopause height changes // *Science*. 2003. V. 301. № 5632. P. 479–483.
2. *Santer B.D. et al.* Tropopause Height Becomes Another Climate-Change «Fingerprint» // *Science & Technology. Review*, March 2004. <https://www.lnl.gov/str/March04/Santer.html>.
3. *Sausen R., Santer B.D.* Use of changes in tropopause height to detect human influences on climate // *Meteorolog. Z.* 2003. № 12. P. 131–136.
4. *Иванова А.Р.* Тропопауза – многообразие определений и современные подходы к идентификации // *Метеорология и гидрология*. 2013. № 12. С. 23–36.
5. *Иванова А.Р.* Динамика внетропической тропопаузы Северного полушария / Дис. А.Р. Ивановой, док. физ.-мат. наук. Москва: ГУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр», 2011.
6. *Борисова В.В., Шакина Н.П.* Использование потенциального вихря для расчета высоты и температуры тропопаузы // *Труды Гидрометцентра СССР*. 1989. Вып. 305. С. 98–117.
7. *Шакина Н.П., Борисова В.В.* Опыт использования потенциального вихря для расчета карт топографии тропопаузы // *Метеорология и гидрология*. 1992. № 9. С. 57–65.
8. *Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р.* Расчет факторов динамического вынуждения осадков по данным объективного анализа // *Метеорология и гидрология*. 2001. № 5. С. 22–34.
9. *Лукьянов А.Н., Карпечко А.Ю., Юшков В.А. и др.* Оценки переноса водяного пара, озона в верхней тропосфере – нижней стратосфере и потоков через тропопаузу в полевой кампании на ст. Соданкюля (Финляндия) // *Изв. РАН. ФАО*. 2009. Т. 45, № 3. С. 316–324.
10. *Куколева А.А.* Оценки потоков озона через поверхность тропопаузы при мезомасштабных процессах // *Изв. РАН. ФАО*. 2002. Т. 38, № 5. С. 683–693.
11. *Куколева А.А.* Оценки среднегодовых потоков озона через тропопаузу в Северном полушарии // *Изв. РАН. ФАО*. 2002. Т. 38, № 1. С. 95–101.
12. *Куколева А.А.* Оценки потоков озона через тропопаузу в планетарных высотных фронтальных зонах Северного полушария // *Изв. РАН. ФАО*. 2002. Т. 38, № 2. С. 376–387.
13. *Звягинцев А.М., Кручицкий Г.М., Черников А.А.* Изменчивость трендов вертикального распределения озона в стратосфере и их связи с долговременными изменениями высоты тропопаузы // *Изв. РАН. ФАО*. 2005. Т. 41, № 4. С. 476–486.

14. Seidel D.J., Randel W.J., 2006: Variability and trends in the global tropopause estimated from radiosonde data // J. Geophys. Res., 111, D21101, doi:10.1029/2006JD007363.
15. Santer B.D. et al. Identification of anthropogenic climate change using a second-generation reanalysis // J. Geophys. Res. 2004. V. 109.
16. Son S.-W., Polvani L.M., Waugh D.W., Akiyoshi H., Garcia R.R., Kinnison D., Pawson S., Rozanov E., Shepherd T.G., Shibata K. The impact of stratospheric ozone recovery on the Southern Hemisphere westerly jet // Science. 2008. V. 320. P. 1486–1489.
17. Añel J.C., Gimeno L., De La L. Torre, Nieto R. Changes in tropopause height for the eurasian region from cards radiosonde data // Naturwissenschaften. 2006. V. 93. P. 603–609.
18. Añel J.C., Antuña J.A., Gimeno L, Nieto R., De La L. Torre. Global statistics of multiple tropopauses from IGRA sounding reports // J. Geophys. Res. 2007. V. 34. L06709. doi:10.1029/2006GL029224.
19. Añel J.C., Antuña J.A., De La L. Torre, Castanheira J.M., Gimeno L. Climatological features of global multiple tropopause events // J. Geophys. Res. 2008. V. 113. D00B08. doi:10.1029/2007JD009697.
20. Ribera P, Peña-Ortiz C, Añel J.C., Gimeno L, De La L. Torre, Gallego D. Quasi-biennial modulation of the northern hemisphere tropopause height and temperature // J. Geophys. Res. 2008. V. 113. D00B02. doi:10.1029/2007JD009765.
21. Antuña J.A., Añel J.C., Gimeno L. Impact of missing sounding reports on mandatory levels and tropopause statistics: A case study // Ann. Geophys. 2006. V. 24. P. 2445–2449.
22. Hoinka K.P. Statistics of the Global Tropopause Pressure // Mon. Weather Rev. 1998. V. 126. P. 3303–3325.
23. Kishore P, Namboothiri S.P., Igarashi K., Jiang J.H., Ao C.O., Romans L.J. Climatological characteristics of the tropopause parameters derived from GPS/CHAMP and GPS/SAC-C measurements // J. Geophys. Res. 2006. V. 111.
24. Randel W.J., Wu F, Rios W.R. Thermal variability of the tropical tropopause region derived from GPS/MET observations // J. Geophys. Res. 2003. P. 7/1–7/12.
25. Мезрин М.Ю., Шметер С.М. Новые экспериментальные данные о мезомасштабной изменчивости влажности воздуха вблизи экваториально-тропической тропопазы // Метеорология и гидрология. 2003. № 4. С. 38–48.
26. Шметер С.М., Постнов А.А., Шур Г.Н. Новые данные о мезомасштабных и турбулентных пульсациях температуры и ветра в зоне тропической тропопазы // Метеорология и гидрология. 2003. № 3. С. 25–37.
27. Шур Г.Н., Ситников Н.М. Мезомасштабная структура полей метеорологических величин в слое тропопазы и в нижней стратосфере над тропической зоной Южного полушария (Бразилия) // Метеорология и гидрология. 2007. № 8. С. 17–28.
28. Маховер З.М. Климатология тропопазы. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 254 с.
29. Añel J. C., Antuña J.A., Sterin A.M., Gimeno L. Professor Zalman Makhover: a relevant contributor to early tropopause studies // Meteorologische Zeitschrift. V. 18, № 6. P. 573–584.
30. Архив текущей аэрологической информации «АЭРОСТАБ». Описание архива / Составители: О.А. Алдухов, В.А. Оржеховская, Т.О. Садовникова, Т.В. Руденкова. Обнинск, 1990.
31. Описание символического формата хранения данных аэрологических наблюдений, поступающих по каналам связи для ПЭВМ (формат АЭРОСТАС) / Составители: Т.В. Руденкова. Обнинск, 2009.
32. Авиационно-климатический атлас-справочник СССР / Под ред. З.М. Маховера. М.: НИИАК, 1969. Вып. 5.

УДК [551.501.724+551.501.771]:551.501.86

СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ИЗ СЕТИ ГСТ: ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ И АРХИВАЦИЯ

*А. В. Хохлова¹, Т. В. Руденкова², А. О. Азуренко³,
Л. А. Георгиева⁴, А. А. Тимофеев⁵*

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

¹anna_x@meteo.ru, ²lae@meteo.ru, ³alina@meteo.ru,

⁴lag@meteo.ru, ⁵arseni@developitbest.com

Введение

Гидрометеорологические спутниковые наблюдения в силу широкого пространственного охвата являются незаменимым источником данных об окружающей среде. Некоторые виды спутниковых измерений после обработки в специализированных центрах передаются в Глобальную систему телесвязи (ГСТ) и могут быть использованы как в прогностических моделях, так и для анализа гидрометеорологических и климатических величин, при этом возникает задача сравнения измерений, полученных с разных наблюдательных платформ. Наличие в фонде ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» исторических массивов разнородных гидрометеорологических наблюдений позволяет сделать это сравнение при условии накопления достаточного количества спутниковых данных.

Спутниковые данные принимаются по каналам связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с 2006 г. Данные поступают в международных кодах Всемирной метеорологической организации (ВМО) в четырех кодовых формах: SATOB, SATEM, SARAD, SAREP [1]. Для того, чтобы данные можно было использовать, их необходимо раскодировать и записать в структурированные массивы. Поскольку в настоящее время спутниковые данные не обрабатываются оперативным путем, в отделе аэрологии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» выполнен цикл работ для архивации спутниковой информации из сети ГСТ, при этом в первую очередь внимание было уделено данным по температуре поверхности океана (ТПО) и данным температурно-влажностного зондирования атмосферы (ТВЗА) (сводки SATOB, SATEM). В работе [2]

описаны общая схема обработки спутниковых данных из сети ГСТ и архивация спутниковых данных по ТПО.

В настоящей статье приведено краткое описание технологических процедур обработки и архивации данных ТВЗА и описание структуры массива спутниковых данных SATEM по ТВЗА.

1. Технология обработки и архивации спутниковых данных по ТВЗА

Описание исходных данных. Спутниковые данные за текущие сутки по мере поступления из сети ГСТ накапливаются в файлах на FTP-сервере в локальной сети ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Файлы с данными становятся доступными на следующие сутки и хранятся на сервере в течение 5 суток, после чего сбрасываются на картриджи. Суточный объем информации составляет 15–20 Мб. По данным за одни сутки формируются четыре файла, в которых содержатся все виды сводок в четырех кодовых формах. В рамках рассматриваемой технологии производится обработка спутниковых данных по ТВЗА, поэтому в процессе обработки сначала производится выборка сводок кодовой формы FM 86 SATEM. FM 86 SATEM – название кода для передачи данных о давлении, температуре и влажности на высотах, полученных путем дистанционного зондирования со спутника (температурно-влажностное зондирование атмосферы) [1]. Кодовая форма SATEM в оперативном потоке данных ГСТ как вид спутниковых данных опознается буквами TH (указатели типа данных T_1 и T_2 в формате $T_1T_2A_1A_2ii$) в сокращенных заголовках бюллетеней, содержащих метеорологическую информацию [3]. Из других спутниковых сводок SATEM распознается посредством символических букв кода M_1M_1 , которые принимают значение VV [1]. Сводка SATEM состоит из 4 частей (A, B, C и D). Каждая часть сводки опознается посредством символических букв кода и может быть передана отдельно. Часть A содержит данные ТВЗА до 10 гПа включительно. Часть C содержит данные ТВЗА выше 10 гПа до 1 гПа включительно. В каналы связи поступают данные части A и C сводки SATEM. Части B и D сводок SATEM [1], которые по коду содержат данные о средней температуре и количестве осаждаемой воды в слоях между нестандартными изобарическими поверхностями, отсутствуют. Также отсутствуют данные о толщине слоев для уровней 0,7; 0,5; 0,3; 0,2; 0,1 гПа.

Кодовая форма SATEM делится на ряд разделов. Содержание разделов приведено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Содержание разделов кодовой формы SATEM

Номер раздела	Символическая цифровая группа	Содержание раздела
1	–	Опознавательные данные
2	222	Данные о местоположении и данные об облачности
3	333	Данные об относительной высоте между заданным исходным уровнем и указанными стандартными изобарическими поверхностями
4	444	Данные о количестве осажденной воды в слое между заданным исходным уровнем и указанными стандартными изобарическими поверхностями
5	555	Данные о тропопаузе и приземной температуре

Схема обработки. Из-за большого объема исходных данных (исходные файлы данных за месяц составляют примерно 500 Мб) обработка данных выполняется с использованием СУБД MySQL и разделена на два этапа. СУБД MySQL выбрана потому, что она распространяется бесплатно, является высокопроизводительной и относительно простой в использовании.

Во время первого этапа обрабатываются исходные файлы данных, происходят выборка нужных сводок SATEM, раскодирование сводок и запись в базу данных (БД). В базе данных аккумулируются раскодированные данные за месяц. Во время второго этапа выполняются выборка из базы данных раскодированных значений за месяц, обработка этих данных и создание архивных файлов в соответствии с разработанным форматом структурированного массива SATEM. Массив создается в формате Языка описания гидрометеорологических данных (ЯОГМД), принятом в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» для архивации гидрометеорологических данных [4]. Оба этих этапа выполняются с помощью программных средств Decoding и Archiving, написанных на языке JAVA.

Программное средство Decoding осуществляет получение файлов с FTP-сервера, обработку сводок SATEM и запись в БД. Перед запуском программы существует возможность выбора источника файлов данных – FTP-сервер или локальная директория. В том случае, когда исходные закодированные данные находятся на удаленном сервере, приложение для раскодирования

запускается ежедневно. Во втором случае архив сводок за месяц собирается на локальном компьютере оператора, программа раскодирования запускается один раз в месяц, в ходе работы программы обрабатываются данные за один месяц.

Получение файлов с FTP-сервера. В течение одного дня формируются четыре файла за определенный срок (00, 06, 12, 18 часов). Файлам данных присвоены имена формата ГГММДДЧЧ, где ГГ – год, ММ – месяц, ДД – день, ЧЧ – час. Имена файлов за день отличаются только часами, то есть последними двумя цифрами в названии. Размер одного файла – от 3 до 8 Мб. Так как файлы исходных данных формируются по мере поступления информации, файлы за текущие сутки могут быть неполными, поэтому для обработки берутся файлы и за предыдущие сутки.

Обработка файлов на локальном компьютере. В настоящее время FTP-файлы скачиваются с сервера оператором с периодичностью раз в 4–5 дней. Для закачки файлов может быть использован любой FTP-клиент. После накопления данных за месяц выполняется запуск приложения для обработки.

Раскодирование сводок SATEM. Выполняется последовательная проверка каждой строки файла на наличие признака начала сводки SATEM. Признаком, обозначающим сводку, является группа VV, затем – группа AA либо CC в зависимости от того, какая часть сводки передается. Далее определяются разделы сводки – от одного до пяти в соответствии с таблицей 1. После того, как все разделы найдены, они записываются в переменные, раскодируются и передаются для последующей записи в базу данных.

Запись в базу данных. Локальный сервер баз данных MySQL установлен на компьютере оператора. На основании раскодированных сводок формируются SQL-запросы на добавление в базу данных. За месяц получается больше 1 200 000 записей.

Программное средство Archiving выполняет выборку данных из БД и формирование файла архива. Обработка данных заключается в выборке данных за определенный месяц и в объединении частей AA и CC сводок SATEM. Из-за большого объема информации было принято решение формировать архивные файлы за декаду. Таким образом, за каждый месяц формируются три файла с именем вида SATEMГГГГММЧ, где ГГГГ – год, ММ – месяц, Ч – часть. Часть Ч может принимать три значения: 1 – для данных с 1-го по 10-е число каждого месяца

включительно, 2 – с 11-го по 20-е и 3 – с 21-го до конца месяца. Объем месячной порции массива SATEM составляет 80–140 Мб.

2. Описание массива спутниковых данных SATEM по ТВЗА

Содержание массива. Массив данных SATEM содержит данные спутниковых наблюдений по ТВЗА, поступающие по каналам связи из сети ГСТ в кодовой форме BMO FM 86 SATEM. Массив содержит данные ежедневных срочных наблюдений в точках зондирования с указанием местоположения (географических координат: октанта, широты и долготы) по следующим параметрам:

- облачность;
- относительная геопотенциальная высота (толщина слоя) между заданным уровнем отсчета до уровня 10 гПа и стандартными изобарическими поверхностями 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 гПа;
- относительная геопотенциальная высота (толщина слоя) между заданным уровнем отсчета выше уровня 10 гПа и стандартными изобарическими поверхностями 7, 3, 1 гПа,
- количество осажденной воды в слое между заданным уровнем отсчета и стандартными изобарическими поверхностями 700, 500, 300 гПа;
- данные о тропопаузе и приземной температуре.

Наблюдения проводятся в сроки 00, 01...23 ч по международному стандартному времени (МСВ) и охватывают весь земной шар. Массив содержит данные с 2009 года, является расширяющимся с ежегодным пополнением данных. DVD-диск с записанными файлами за предыдущий год сдается в Госфонд Росгидромета в начале следующего года. Практически все данные поступают из центра (Вашингтон, США), кодовое наименование центра – KWBC [5]. Измерения поступают в основном со спутников NOAA12, NOAA15, NOAA17, NOAA18 [1].

Состав и структура записи массива SATEM. Для хранения данных в описываемом формате предлагается один вид записи постоянной длины, содержащий данные одного дистанционно-го зондирования и представляющий собой последовательность ASCII-символов [4], заканчивающийся символами конца строки и перевода каретки. Состав и описание элементов записи приведены в табл. 2.

Описание состава и структуры записи массива SATEM

№	Элемент	Условное название (мнемокод)	Позиция	Описание элемента
1	Год	ГОД	1–4	4 символа: цифры от 0000 до 9999, год
2	Месяц	МЕСЯЦ	5–6	2 символа: цифры от 01 до 12, номер месяца в году
3	Число месяца	ДЕНЬ	7–8	2 символа: 01...31, число месяца по МСВ
4	Время наблюдений, часы	СРОК	9–10	2 символа: цифры от 00 до 23. Фактическое время наблюдений, округленное до ближайшего целого часа по МСВ
5	Указатель спутника	СПУТНИК	11–13	3 символа: цифры кода от 000 до 999. Указатель спутника. Четные децили указывают полярно-орбитальные спутники, а нечетные – геостационарные спутники. Общая кодовая таблица С-5 [1].
6	Оконтант земного шара	ОКТАНТ	14	1 символ: цифры кода 0,1,2,3,5,6,7,8 – Оконтант земного шара. Кодовая таблица 3300 [1].
7	Широта точки со знаком, град.	ШИРОТА	15–17	3 символа: цифры 00...90. Широта, в целых градусах, со знаком. Знак плюс – северная широта. Знак минус – южная широта.
8	Долгота точки со знаком, град.	ДОЛГОТА	18–21	4 символа: цифры 000...180. Долгота, в целых градусах, со знаком. Знак плюс – восточная долгота. Знак минус – западная долгота
9	Указатель типа прибора	ПРИБОР	22	1 символ. Указатель типа прибора, используемого при обработке данных
10	Указатель метода обработки данных	МЕТОДА	23	1 символ: цифры кода: 0, 1, 2...9. Указатель используемого метода обработки данных. Кодовая таблица 1765 [1]
11	Указатель центра поставщика/производителя	СТРАНА	24–26	3 символа: цифры кода от 000 до 999 – идентификация центра поставщика/производителя продукции. Общая кодовая таблица С-1 [1].
12	Указатель подцентра поставщика/производителя	ПОДЦЕНТР	27–29	3 символа: цифры кода от 000 до 999 – идентификация подцентра поставщика/производителя продукции. Кодовая таблица С-12 [6].

Продолжение табл. 2

№	Элемент	Условное название (мнемокод)	Позиция	Описание элемента
13	Номер международного центра	МЦЕНТР	30–33	4 символа. Четырехбуквенный номер Международного центра, выпускающего сообщение. Спецификация СССС из сокращенного заголовка сообщений ГСТ [5]. Например: KWBC.
14	Резерв	РЕЗЕРВ	34–37	4 пробела – резерв.
15	Процент облачного покрова – сообщение 1	ПРОЦ1	38–39	2 символа. Сообщение 1. Процент облачного покрова в поле зрения прибора (00 – безоблачное небо, 58–58 % облачного покрова, 99 – сплошной облачный покров, 2 пробела – отсутствие данных)
16	Давление на границе облаков – сообщение 1	ДАВОБЛ1	40–44	5 символов. Сообщение 1. Давление на средней верхней границе облаков облачного покрова, полученное с помощью приборов зондирования в целых гектопаскалях (гПа).
17	Процент облачного покрова – сообщение 2	ПРОЦ2	45–46	2 символа. Сообщение 2. Как элемент «Процент облачного покрова – сообщение 1»
18	Давление на границе облаков – сообщение 2	ДАВОБЛ2	47–51	5 символов. Сообщение 2. Как элемент «Давление на границе облаков – сообщение 1»
19	Давление на уровне тропопаузы	ДАВТРОП	52–56	5 символов. Давление на уровне тропопаузы в целых гПа
20	Температура воздуха на уровне тропопаузы	ТЕМТРОП	57–59	3 символа. Температура воздуха на уровне тропопаузы в целых градусах Цельсия со знаком минус.
21	Указатель метода определения тропопаузы	МЕТОДВ	60	1 символ. Цифры кода. Указатель методов обработки данных для определения уровня тропопаузы. Кодовая таблица I ₅ [7]
22	Показатель точности данных тропопаузы	ТОЧН	61	1 символ. Цифры кода. Показатель точности данных тропопаузы. Кодовая таблица A ₁ [7]
23	Температура поверхности (суши, воды, льда и т. д.)	ТЕМПШОВ	62–64	3 символа. Температура поверхности (суши, воды, льда и т. д.) в целых градусах Цельсия со знаком

Продолжение табл. 2

№	Элемент	Условное название (мнемокод)	Позиция	Описание элемента
24	Количество слоев с данными о толщине слоев до уровня 10 гПа	СЧСЛОЙ	65–67	3 символа. Указывает количество слоев, с данными о толщине слоя между стандартным уровнем отсчета и изобарическими поверхностями до уровня 10 гПа
25	Относительная достоверность вычислений толщины слоя до уровня 10 гПа	ДОСТ	68–69	2 символа. Относительная достоверность вычислений толщины слоя в десятках процентов. Более высокая цифра означает более высокую относительную достоверность. Цифра 0 означает, что относительная достоверность не указана
26	Давление на заданном стандартном уровне отсчета до уровня 10 гПа	ДАВС	70–74	5 символов. Давление на заданном стандартном уровне отсчета в гектопаскалях (гПа) до уровня 10 гПа
27	Толщина слоя ОТ850	ОТ850	75–80	6 символов. Толщина слоя в геопотенциальных метрах (гп.м) между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 850 гПа
28	Толщина слоя ОТ700	ОТ700	81–86	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 700 гПа
29	Толщина слоя ОТ500	ОТ500	87–92	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 500 гПа
30	Толщина слоя ОТ400	ОТ400	93–98	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 400 гПа
31	Толщина слоя ОТ300	ОТ300	99–104	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 300 гПа
32	Толщина слоя ОТ250	ОТ250	105–110	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 250 гПа
33	Толщина слоя ОТ200	ОТ200	111–116	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 200 гПа
34	Толщина слоя ОТ150	ОТ150	117–122	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 150 гПа

Продолжение табл. 2

№	Элемент	Условное название (мнемокод)	Позиция	Описание элемента
35	Толщина слоя ОТ100	ОТ100	123–128	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 100 гПа
36	Толщина слоя ОТ70	ОТ70	129–134	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 70 гПа
37	Толщина слоя ОТ50	ОТ50	135–140	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 50 гПа
38	Толщина слоя ОТ30	ОТ30	141–146	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 30 гПа
39	Толщина слоя ОТ20	ОТ20	147–152	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 20 гПа
40	Толщина слоя ОТ10	ОТ10	153–158	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 10 гПа
41	Количество слоев с данными о толщине слоя после уровня 10 гПа	СЧСЛОЙ1	159–161	3 символа. Указывает количество слоев, по которым сообщаются данные о толщине слоя между стандартным уровнем отсчета и изобарическими поверхностями после уровня 10 гПа
42	Относительная достоверность вычислений толщины слоя после уровня 10 гПа	ДОСТ1	162–163	2 символа. Как для элемента «Относительная достоверность вычислений толщины слоя до уровня 10 гПа»
43	Давление на заданном уровне отсчета после уровня 10 гПа	ДАВС1	164–168	5 символов. Давление на заданном стандартном уровне отсчета в гектопаскалях после уровня 10 гПа
44	Толщина слоя ОТ7	ОТ7	169–174	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 7 гПа
45	Толщина слоя ОТ3	ОТ3	175–180	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 3 гПа
46	Толщина слоя ОТ1	ОТ1	181–186	6 символов. Толщина слоя в гп.м между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 1 гПа

№	Элемент	Условное название (мнемокод)	Позиция	Описание элемента
47	Количество слоев с данными о количестве осажденной воды	СЧВОДА	187–189	3 символа. Указывает количество слоев, по которым сообщаются данные о количестве осажденной воды в слое
48	Относительная достоверность вычислений количества осажденной воды в слое	ДОСТ2	190–191	2 символа. Как для элемента «Относительная достоверность вычислений толщины слоя до уровня 10 гПа»
49	Давление на заданном уровне отсчета	ДАВС2	192–196	5 символов. Давление на заданном стандартном уровне отсчета в гектопаскалях для определения количества осажденной воды в слое
50	Количество осажденной воды в слое от уровня отсчета до уровня 700 гПа	ВОДА700	197–199	3 символа. Количество осажденной воды в миллиметрах в слое между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 700 гПа
51	Количество осажденной воды в слое от уровня отсчета до уровня 500 гПа	ВОДА500	200–202	3 символа. Количество осажденной воды в миллиметрах в слое между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 500 гПа
52	Количество осажденной воды в слое от уровня отсчета до уровня 300 гПа	ВОДА300	203–205	3 символа. Количество осажденной воды в миллиметрах в слое между заданным уровнем отсчета и изобарической поверхностью 300 гПа
53	Конец строки	EOS	206–207	2 символа. Коды перевод строки и возврат каретки

Структура хранения данных и константы отсутствия.

Массив SATEM – символьный, содержит числовые и текстовые значения величин. Формат хранения числовых данных в массиве FC(w[,d[,s]]), это символьный формат для представления целых чисел и чисел с десятичной точкой в коде ASCII [4]. Для хранения текстовых данных используется формат AA(w) – символьный формат для представления текстовой информации в коде ASCII.

Константа отсутствия – w пробелов. В поле длины w число выровнено вправо, знак «-» помещается перед старшей значащей цифрой, знак «+» необязателен.

Структура файла данных. Архивные файлы данных имеют имена SATEMГГГГММЧ.арх, где ГГГГ – год наблюдений, ММ – месяц наблюдений, Ч – часть (1, 2, 3). Один файл содержит спутниковые данные за одну декаду месяца, состоит из последовательности записей постоянной длины в 207 символов. Строка файла (запись) представляет собой данные, наблюдаемые в одной точке зондирования, записанные в соответствии с табл. 2. Записи внутри файла упорядочены по возрастанию элементов записи: числа месяца, времени наблюдений, указателя спутника, широты, долготы.

Размещение записей на технических носителях. Носитель массива SATEM – DVD-диск. На одном DVD-диске размещаются данные за 12 месяцев одного года. Каждый месяц представлен тремя файлами данных, полученными в результате обработки исходных данных одного месяца. Том содержит также заархивированный файл исходных данных из сети ГСТ за 12 месяцев года (Archived_Source_Files_ГГГГ, где ГГГГ – год) и файл «Описание массива данных SATEM». Структура томов – постоянное количество файлов (38 файлов). Общий объем тома составляет от 2 до 4 Гб.

Заключение

В результате выполненного комплекса работ в отделе аэрологии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» проводится обработка, архивация и сдача в Госфонд Росгидромета структурированного массива спутниковых данных SATEM по температурно-влажностному зондированию атмосферы, поступающих из сети ГСТ. Формат массива соответствует требованиям формата ЯОГМД. Массив создается на DVD-дисках. Создание файлов массива производится с использованием базы данных.

К настоящему времени по рассмотренной в статье технологии созданы и сданы в ЕГФД массивы данных по вертикальному зондированию атмосферы за 2009–2013 гг. Массивы могут быть использованы для исследования полей абсолютной и относительной топографии и влажности в атмосфере, приземной температуры, облачности и характеристик тропопазы, а также для сравнения с наблюдениями этих величин, произведенными с других измерительных платформ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Наставление* по кодам. Международные коды. Том I.1 (Дополнение II к Техническому регламенту ВМО). Часть А. Буквенно-цифровые коды. ВМО-№ 306. Женева: ВМО, 2011. 520 с.

2. *Агуренко А. О., Георгиева Л. А., Руденкова Т. В., Тимофеев А. А., Хохлова А. В.* Спутниковые данные по температуре поверхности океана из сети ГСТ: архивация и использование // Труды ГУ ВНИИГМИ-МЦД. Информационные технологии Государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды. 2010. Вып. 174. С. 120–138.

3. *Наставление* по Глобальной системе телесвязи. Том I (Дополнение III к Техническому регламенту ВМО). Глобальные аспекты. ВМО-№ 386. Женева: ВМО, 2009. 310 с.

4. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM PC совместимых ПЭВМ (ЯОД Аисори). Руководство пользователя. Редакция 25.11.96. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1996. 31 с.

5. *Метеорологические сообщения.* ВМО-№ 9.Т. С1. Каталог метеорологических бюллетеней. Женева: ВМО, 2012. 983 с.

6. *Наставление* по кодам. Международные коды. Том I.2 (Дополнение II к Техническому регламенту ВМО). Часть С. Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов. ВМО-№ 306. Женева: ВМО, 2011/12. 844 с.

7. *Наставление* по кодам. Региональные коды и национальная практика кодирования. Т. 2. ВМО-№ 306. Женева: ВМО, 2011/12. 372 с.

УДК 551.501.6: 551.583.1

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО И КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДАННЫХ 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

Введение

В настоящее время в разных странах создана специальная сеть пунктов радиозондирования, на каждом из которых подъемы приборов осуществляются ежедневно в определенное время 1–4 раза в сутки. Всего в мире насчитывается около 990 станций, из которых около 700 размещено в Северном полушарии. Более подробно этот вопрос рассмотрен в [1].

Для определения глобальных изменений климата атмосферы на основе эмпирических данных и развития климатических моделей в 1992–1994 гг. был создан наиболее полный проконтролированный массив данных параметров свободной атмосферы (Comprehensive Aerological Reference Data Set, CARDS, КАРДС), основанный на аэрологических наблюдениях [1–4]. Он был создан в результате совместного проекта по созданию глобального проконтролированного массива данных радиозондовых наблюдений ВНИИГМИ-МЦД и Национального климатического центра данных (НКЦД) США под эгидой ВМО. Массив КАРДС являлся уникальным по полноте радиозондовых наблюдений, и на момент создания он содержал более 23 миллионов радиозондовых наблюдений по 2 662 радиозондовым станциям (включая закрытые и перенесенные) и был определен как базовый массив для исследования климата [5]. Данные массива КАРДС прошли процедуру комплексного контроля качества [1–3].

В России логическим продолжением проекта КАРДС являлось создание во ВНИИГМИ-МЦД пополняемого текущими данными радиозондовых наблюдений глобального аэрологического массива в двоичном формате АЭРОСТАБ [6] и с 2011 г. – его символьной версии АЭРОСТАС [7]. Данные этих массивов

были проконтролированы с помощью процедуры комплексного контроля качества [1–3], основные принципы которого изложены в работах [1, 8, 9] .

Официальным продолжением проекта КАРДС в НКЦД США является проект IGRA [10–13] (далее использована информация о массиве IGRA, приведенная на сайте НКЦД <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>).

Массив IGRA содержит данные наблюдений, полученные с помощью радиозондов и шаров-пилотов (pilot balloon) на более чем 1 500 глобально распределенных станциях (с учетом закрытых и перенесенных аэрологических станций). Доступны наблюдения для стандартных изобарических поверхностей, уровня подстилающей поверхности, тропопаузы и уровней особых точек для давления, температуры, геопотенциальной высоты, направления и скорости ветра. Полный период наблюдений – с 1938 г. по настоящее время и зависит от станции. Массив для каждой станции ежедневно пополняется и доступен на сайте <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>, что является его существенным достоинством.

Поскольку правильность выводов, получаемых при анализе данных, находится в зависимости от качества данных и наличия в них ошибок, то необходимым этапом обработки массивов результатов гидрометеорологических наблюдений оказывается контроль их качества [1–3, 5, 10–12, 14–29]. Определение и удаление ошибок особенно важно при любом анализе изменений климата, так как искажения (ошибки) в сети наблюдений и метеорологических наблюдениях могут существенно влиять на оценки изменения климата.

Массив IGRA является проконтролированным с помощью процедуры последовательного контроля качества, которая используется в НКЦД США [10–12] (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>). Последовательный контроль качества является одной из альтернатив использованию сложного алгоритма принятия решения (АПР) комплексного контроля качества, реализованного в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Ниже приведено сравнение признаков качества данных, присвоенных в результате использования различных методов контроля. Показано, что использование данных с различными признаками качества может быть одной из причин расхождения результатов расчетов трендов по данным радиозондирования атмосферы.

1. Метод последовательного контроля качества данных радиозондовых наблюдений

Качество данных радиозондирования зависит от целого ряда причин: неоднородности наблюдений, проблем передачи и обработки [22–24]. В общем, процедуры обеспечения качества данных зондирования основаны на принципах внутренней согласованности, выполнении основных физических соотношений и/или на статистических методах [3, 25–28]. Некоторые подходы используют алгоритм принятия решений, который учитывает результаты многочисленных тестов, в то время как другие применяют последовательность независимых проверок. Поскольку результаты работы при использовании алгоритма принятия решений и его сложность сильно зависят от количества и типов проверок, применимых к любой конкретной точке данных, последовательный подход для контроля при работе с набором данных с переменным временным и пространственным разрешением является более простым. Поэтому для контроля массива IGRA используется последовательный подход (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>).

Для учета различных ошибок система обеспечения качества данных массива IGRA состоит из серии специализированных алгоритмов, которые применяются последовательно. Каждая последовательная проверка делает двоичное решение о качестве значения, уровня или зондирования; либо элемент данных проходит проверку и остается доступным, или он определен как ошибочный и таким образом устанавливается отсутствующим. Как обсуждалось в [29], этот подход освобождает конечного пользователя от обязанности определения смысла флагов качества. Однако для пользователей, заинтересованных в принятии своих собственных двоичных решений, основанных на результатах оценки качества, полученных в НКЦД, авторами по запросу предоставляются файлы, содержащие ошибочные значения. Для всех проверок пороги, используемые для идентификации ошибочных значений, были отобраны на основе тщательной оценки как сводных статистических данных, так и конкретных примеров значений, определенных как нереальные.

Процедуры обеспечения качества IGRA могут быть сгруппированы в семь категорий:

- основные проверки на допустимость;
- проверки на правдоподобие и временную согласованность высоты уровня Земли;

- проверки на внутреннюю согласованность;
- проверки на повторение значений;
- проверки, основанные на климатологии;
- проверки на вертикальную и временную согласованность данных по температуре;
- проверки на полноту данных.

Первые четыре категории исключают грубые ошибки, которые могли бы поставить под угрозу работу последующих алгоритмов. Проверки, основанные на климатологии, и проверки на согласованность данных о температуре определяют выбросы на основе постанционных климатических параметров и применимы только при наличии достаточного количества данных для расчета требуемых статистик.

Остановимся более подробно на проверках, основанных на климатологии. Процедура климатического контроля массива IGRA состоит из двух уровней: «tier-1» климатического контроля основан на статистиках, рассчитанных по данным всех наблюдений на станции для данного уровня давления, в то время как «tier-2» – на статистиках, рассчитанных с учетом времени года и времени дня. Вследствие более слабых требований к данным процедура «tier-1» может быть применена к большему количеству данных, чем процедура «tier-2». С другой стороны, процедура «tier-2» позволяет использовать более аккуратные/точные статистики, пороговые значения для определения забракованных значений, т.к. среднеквадратические значения не включают сезонную и дневную изменчивость, которая включается в статистики в процедуре «tier-1».

Значение признается достоверным в смысле процедуры климатического контроля только в случае прохождения значения через два уровня («tier-1» и «tier-2») этой процедуры (ниже – признак качества – «В»).

Если значение не проходит один из них, то оно, с точки зрения авторов, является забракованным, т.к. не является достоверным, а формального статуса «сомнительное значение» в массиве IGRA нет. В массиве IGRA значениям, прошедшим процедуру «tier-1» и не прошедшим процедуру «tier-2», присваивается признак качества «А», а прошедшим оба уровня – «В». На самом деле, значения с признаком качества «А» после климатического контроля имеют статус «сомнительное значение», но мы ниже в

таблицах рассматриваем их статус как «забракованное значение». Хотя все переменные являются проконтролированными, температура, давление и высота геопотенциала получают несколько более тщательное изучение в целях облегчения оперативного мониторинга климата, проводимого в НКЦД. Более подробно с описанием алгоритма контроля можно ознакомиться на сайте <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>.

2. Сравнение последовательного и комплексного методов контроля качества данных радиозондовых наблюдений

С экспериментальной целью для сравнения признаков качества данных, присвоенных в результате использования последовательного метода контроля качества [10–12] в НКЦД США и комплексного контроля качества [1–3] в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», глобальный массив IGRA был проконтролирован в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Заметим, что значения дефицита точки росы и характеристик ветра в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» проходят процедуру ККК, так же как и остальные метеовеличины, и не контролируются в НКЦД. В табл. 1–5 приведены результаты сравнения признаков качества данных, присвоенных в результате использования различных методов контроля для значений температуры, давления, геопотенциальной высоты, дефицита точки росы и характеристик ветра. В качестве примера использовались данные за январь за период 1960–2013 гг.

Строки в таблицах соответствуют признакам качества ПК:

0 – значение не контролировалось;

В – значение прошло контроль;

А – значение забраковано (не прошло процедуру «tier-2»);

9 – значение отсутствует.

Уточним, что в массиве IGRA забракованные значения для всего уровня просто вычеркиваются (т.е. данные об уровне отсутствуют), а при наличии на уровне хотя бы одного достоверного значения забракованным присваивается значение «-8888». Ниже в статье для краткости изложения отсутствующие/забракованные значения в массиве IGRA называются просто «отсутствующими» значениями (с признаком качества 9).

Столбцы в таблицах соответствуют признакам качества ККК:

0 – значение не контролировалось;

1 – значение прошло контроль;

2 – значение прошло контроль, но нет решения (значение сомнительное);

3 – значение забраковано;

4 – исходное значение ошибочно, исправлено при ККК;

5 – исходное значение отсутствует; восстановлено при ККК;

9 – значение отсутствует.

Рассмотрим более подробно результаты процедур ПК и ККК на примере контроля данных о температуре. Заметим, что восстановление и исправление для значений температуры, геопотенциальной высоты и давления проводится достоверно в основном с точки зрения удовлетворения гидростатического уравнения при согласовании с другими компонентами ККК (горизонтальным и вертикальным), а для значений дефицита точки росы, направления и скорости ветра – при надежном согласовании показаний горизонтального, вертикального и временного компонентов ККК.

Таблица 1

**Распределение признаков качества для последовательного (НКЦД США) и комплексного контроля качества (ВНИИГМИ-МЦД) для значений температуры на всех уровнях (стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек).
Глобальный аэрологический массив IGRA.
Все аэрологические станции. Январь 2013 г.**

Последовательный контроль, НКЦ		Комплексный контроль качества, ВНИИГМИ-МЦД. Число случаев с каждым из признаков контроля						
Признак контроля	Число случаев /%	N_0 /%	N_1 /%	N_2 /%	N_3 /%	N_4 /%	N_5 /%	N_9 /%
0	$\frac{1\ 739}{0,07}$	94	1603	4	17	21	0	0
В	$\frac{1\ 539\ 690}{62,94}$	16 563	1 501 470	4 459	12 144	5 054	0	0
А	$\frac{100\ 720}{4,12}$	17074	82 293	375	393	585	0	0
9	$\frac{803\ 996}{32,87}$	0	0	44	4	6	752 000	51 942
Итого	$\frac{2\ 446\ 145}{100\ %}$	$\frac{33\ 731}{1,38}$	$\frac{1\ 585\ 366}{64,81}$	$\frac{4\ 882}{0,20}$	$\frac{12\ 558}{0,51}$	$\frac{5\ 666}{0,23}$	$\frac{752\ 000}{30,74}$	$\frac{51\ 942}{2,13}$

Из данных табл. 1 видно, что из 1739 непроконтролированных ПК значений температуры ККК оставляет непроконтролированными только 94 значения, признает правильными 1603, сомнительными – 4, ошибочными – 17 и 21 значение исправляет.

Из 1 539 690 признанных достоверными ПК значений температуры ККК также определяет правильными 1 501 470 значений, сомнительными – 4 459, непроконтролированными – 16 536, ошибочными – 12 144 и 5 044 значения исправляет достоверно с точки зрения гидростатического уравнения.

Из 100 720 значений температуры, ошибочных после ПК, комплексный контроль не прошло 17 074 значения, 82 293 были признаны достоверными, 375 – сомнительными, и ККК подтвердил некорректность данных только в 393 случаях, 595 значений были признаны ошибочными и достоверно с точки зрения гидростатического уравнения исправлены.

Таблица 2

Распределение признаков качества для последовательного (НКЦД США) и комплексного контроля качества (ВНИИГМИ-МЦД) для значений давления на всех уровнях (стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек). Глобальный аэрологический массив IGRA. Все аэрологические станции. Январь 2013 г.

Последовательный контроль, НКЦ		Комплексный контроль качества, ВНИИГМИ-МЦД. Число случаев с каждым из признаков контроля						
Признак контроля	Число случаев / %	N_0 / %	N_1 / %	N_2 / %	N_3 / %	N_4 / %	N_5 / %	N_9 / %
0	$\frac{2\,402\,337}{98,21}$	0	2 402 189	0	148	0	0	0
B	$\frac{38\,928}{1,59}$	0	38 928	0	0	0	0	0
A	$\frac{4\,880}{0,20}$	0	4 880	0	0	0	0	0
9	$\frac{0}{0}$	0	0	0	0	0	0	0
Итого	$\frac{2\,446\,145}{100\%}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2\,445\,997}{99,99}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{148}{0,01}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

Из 803 996 отсутствующих значений после ПК 44 были восстановлены ККК, но на следующих этапах выяснилось, что они сомнительны, 4 – ошибочны (они были забракованы на следующих этапах контроля), 6 из них были пересчитаны на следующих шагах ККК, но 752 000 были достоверно восстановлены и только 51 942 признаны отсутствующими.

Таблица 3

Распределение признаков качества для последовательного (НКЦД США) и комплексного контроля качества (ВНИИГМИ-МЦД) для значений геопотенциальной высоты на всех уровнях (стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек). Глобальный аэрологический массив IGRA. Все аэрологические станции. Январь 2013 г.

Последовательный контроль, НКЦ		Комплексный контроль качества, ВНИИГМИ-МЦД. Число случаев с каждым из признаков контроля						
Признак контроля	Число случаев /%	N ₀ /%	N ₁ /%	N ₂ /%	N ₃ /%	N ₄ /%	N ₅ /%	N ₉ /%
0	$\frac{35\ 787}{1,46}$	336	28 831	4	58	6,558	0	0
B	$\frac{468\ 158}{19,14}$	1 299	448 490	3 761	3 121	11 487	0	0
A	$\frac{16\ 163}{0,66}$	4	15 733	71	68	287	0	0
9	$\frac{1\ 926\ 037}{78,74}$	0	0	15	2	6	1730 571	195 443
Итого	$\frac{2\ 446\ 145}{100\%}$	$\frac{1\ 639}{0,07}$	$\frac{493\ 054}{20,16}$	$\frac{3\ 851}{0,16}$	$\frac{3\ 249}{0,13}$	$\frac{18\ 338}{0,75}$	$\frac{1\ 730\ 571}{70,75}$	$\frac{195\ 443}{7,98}$

Таблица 4

Распределение признаков качества для последовательного (НКЦД США) и комплексного контроля качества (ВНИИГМИ-МЦД) для значений дефицита точки росы на всех уровнях (стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек). Глобальный аэрологический массив IGRA. Все аэрологические станции. Январь 2013 г.

Последовательный контроль, НКЦ		Комплексный контроль качества, ВНИИГМИ-МЦД. Число случаев с каждым из признаков контроля						
Признак контроля	Число случаев /%	N ₀ /%	N ₁ /%	N ₂ /%	N ₃ /%	N ₄ /%	N ₅ /%	N ₉ /%
0	$\frac{1\ 429\ 056}{58,42}$	340 008	1 056 587	19 053	11 785	1 623	0	0
B	$\frac{0}{0}$	0	0	0	0	0	0	0
A	$\frac{0}{0}$	0	0	0	0	0	0	0
9	$\frac{1\ 017\ 089}{41,58}$	0	0	0	0	0	389892	627197
Итого	$\frac{2\ 446\ 145}{100\%}$	$\frac{340\ 008}{13,90}$	$\frac{1\ 056\ 587}{43,19}$	$\frac{19\ 053}{0,78}$	$\frac{11\ 785}{0,48}$	$\frac{1\ 623}{0,07}$	$\frac{389\ 892}{15,94}$	$\frac{627\ 197}{25,64}$

Таблица 5

Распределение признаков качества для последовательного (НКЦ США) и комплексного контроля качества (ВНИИГМИ-МЦД) для значений пар направление/скорость ветра на всех уровнях (стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек). Глобальный аэрологический массив IGRA. Все аэрологические станции. Январь 2013 г.

Последовательный контроль, НКЦ		Комплексный контроль качества, ВНИИГМИ-МЦД. Число случаев с каждым из признаков контроля						
Признак контроля	Число случаев / %	N 0 / %	N 1 / %	N 2 / %	N 3 / %	N 4 / %	N 5 / %	N 9 / %
0	$\frac{1\ 409\ 118}{57,61}$	30 009	1 372 325	31	6751	2	0	0
B	$\frac{0}{0}$	0	0	0	0	0	0	0
A	$\frac{0}{0}$	0	0	0	0	0	0	0
9	$\frac{1\ 037\ 027}{42,39}$	0	0	0	0	0	967 071	69 956
Итого	$\frac{2\ 446\ 145}{100\ %}$	$\frac{30\ 009}{1,23}$	$\frac{1\ 372\ 325}{56,10}$	$\frac{31}{0,00}$	$\frac{6\ 751}{0,28}$	$\frac{2}{0,00}$	$\frac{967\ 071}{39,53}$	$\frac{69\ 956}{2,86}$

3. Точность процедуры климатического контроля данных радиозондирования

Для лучшего понимания вопроса о точности процедуры климатического контроля на рис. 1 показано распределение среднеквадратических значений действительных невязок δf – абсолютных значений разностей между реальными/наблюденными значениями f_0 и предсказанными/интерполированными значениями f_i , определенных по формуле [1]

$$\delta f = |f_0 - f_i|$$

для различных компонентов ККК для температуры в Вене за период 1964–2003 гг. (на основе данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»), где

- для климатического контроля предсказанное значение f_i – это многолетнее среднее,
- для временного контроля f_i – это результат оптимальной интерполяции (ОИ) значений для ближайших сроков наблюдения,
- для горизонтального контроля f_i – это результат ОИ значений из ближайших соседних станций,

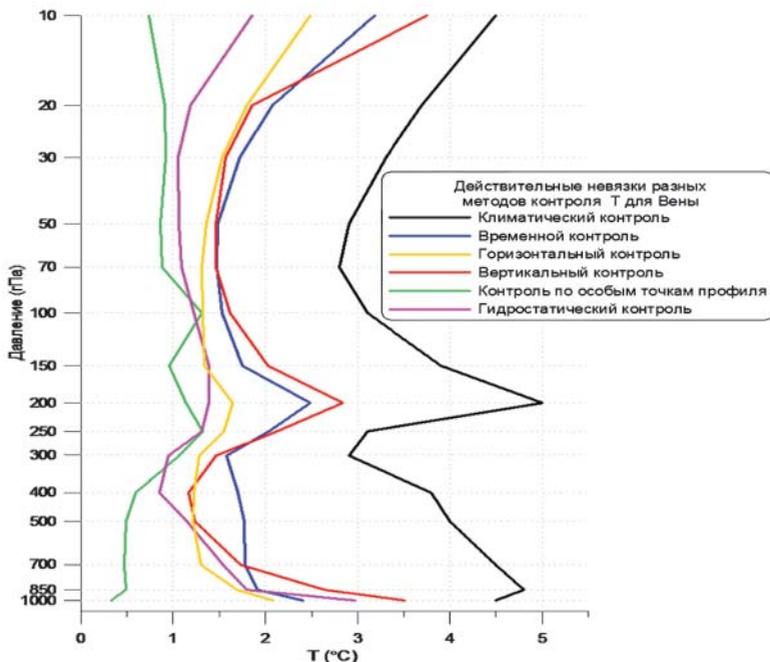


Рис. 1. Распределение среднеквадратических значений действительных невязок для различных компонентов комплексного контроля качества для значений температуры в Вене за период 1964–2003 гг., полученное на основе данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [1]

- для вертикального контроля f_i – это результат ОИ значений с ближайших изобарических поверхностей,
- для контроля по особым точкам f_i – это результат ОИ значений с ближайших уровней наблюдения,
- для гидростатического контроля f_i – это результат расчета температуры по гидростатическому уравнению.

Из рисунка видно, что для климатического контроля среднеквадратические значения невязок имеют наибольшие значения для всего профиля и «пропускают» существенно более грубые ошибки сравнительно с другими методами контроля. Важно принять это во внимание в связи с общепризнанным изменением климата атмосферы.

В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены географические распределения средних значений и среднеквадратических отклонений для температуры на высоте 10 км для января и июля, полученные на основе ККК проконтролированных данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». На высоте около 10 км обычно расположена тропопауза, верхняя граница облачности, летают гражданские

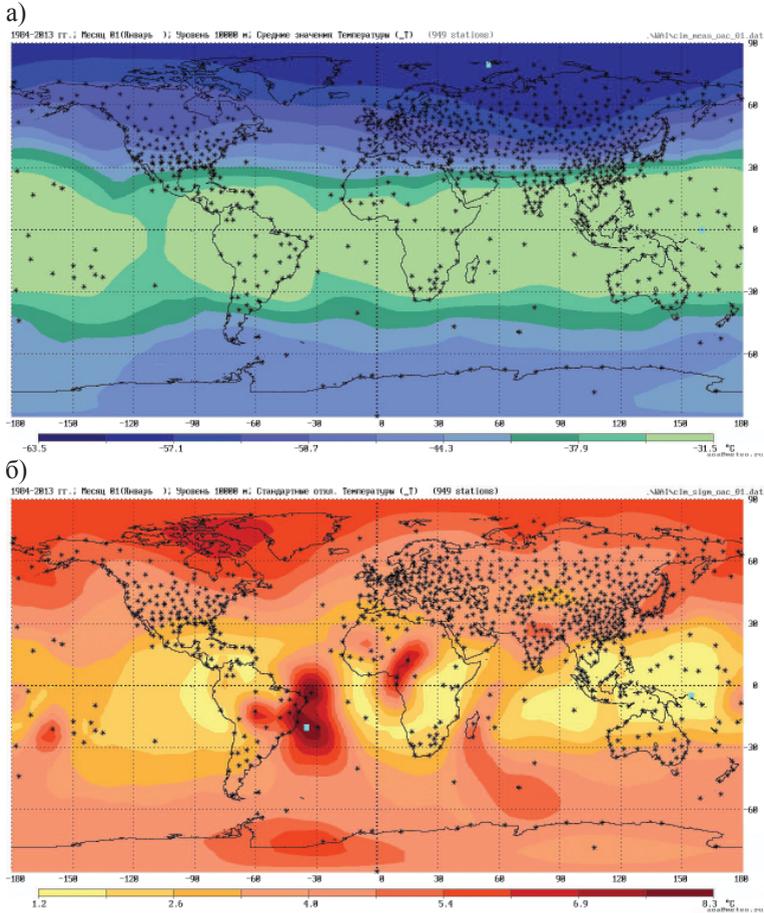


Рис. 2. Географическое распределение средних (а) и среднеквадратических отклонений (б) температуры для многолетнего января на высоте 10 км за 1964–2012 годы, полученные на основе данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Крестиками отмечены аэрологические станции.

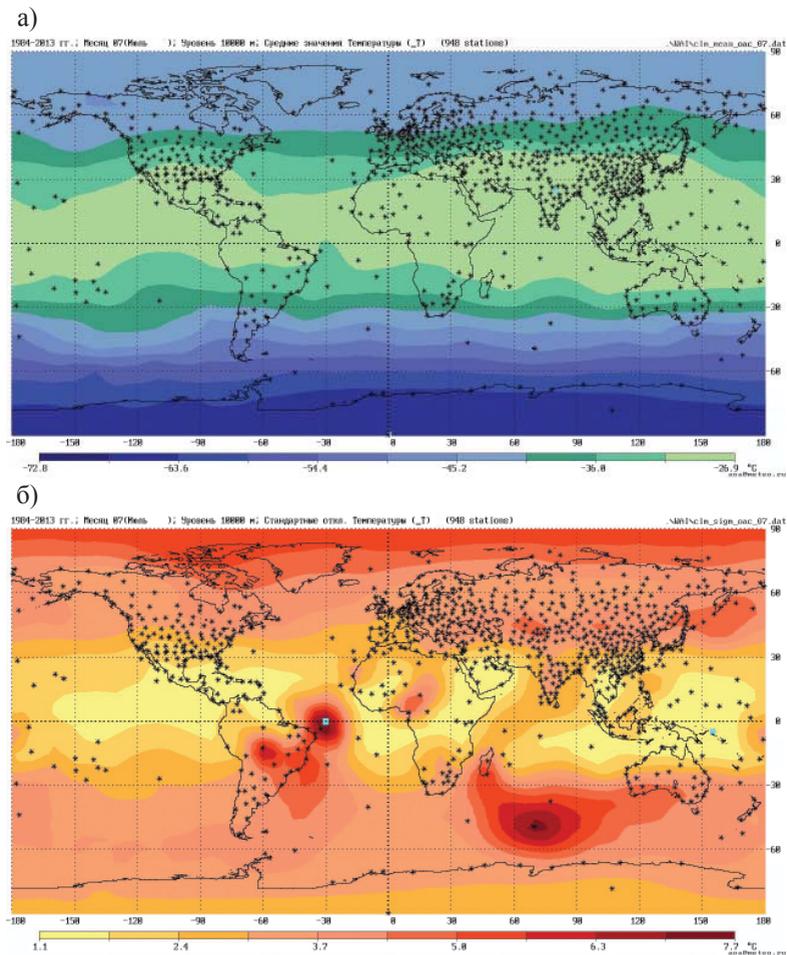


Рис. 3. Географическое распределение средних (а) и среднеквадратических отклонений (б) температуры для многолетнего июля на высоте 10 км за 1964–2012 годы, полученные на основе данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Крестиками отмечены аэрологические станции.

самолеты. Рисунки показывают достаточно большие значения многолетних стандартных отклонений, используемых при климатическом контроле (от 1 до 8 °C). При использовании коридора отклонения контролируемого значения от многолетнего среднего

значения при климатическом контроле в 1–4 стандартных отклонениях будут пропускаться ошибки до 8–32 °С соответственно. Это подтверждает необходимость прохождения для данных наблюдений процедуры климатического контроля массива IGRA tier-2 (с учетом сезона и времени дня) для возможности более корректного использования данных радиозондовых наблюдений при климатических расчетах и исследованиях. Вышеприведенные оценки и рисунки показывают, что даже два шага (tier-1 и tier-2) климатического контроля являются заведомо грубыми для оценки качества данных. Да, очевидно, что абсурдные значения будут забракованы с помощью разных процедур tier-1 и tier-2 климатического контроля, но более мелкие ошибки могут быть обнаружены только при анализе физического состояния атмосферы в данный момент в пространственно-временной окрестности исследуемой точки.

Отметим, что вопрос о качестве данных важен также при использовании для исследования изменения климата так называемого реанализа. В отечественных и зарубежных публикациях [19, 21] отмечается, что относиться к оценкам долгопериодных изменений климата, получаемым по данным реанализа, надо с осторожностью.

Например, в работе [19] показано, что значения трендов температуры и удельной влажности, вычисляемые по постанционным аэрологическим данным и по данным реанализа, могут сильно отличаться и даже иметь противоположные знаки. Это обстоятельство заставляет с осторожностью относиться к оценкам долгопериодных изменений климата, получаемым по данным реанализа.

Следует отметить роль проектов реанализа и выходных продуктов этих проектов для исследования процессов в атмосфере, обнаружения изменений в различных компонентах климатической системы. Продукты реанализа сыграли и продолжают играть важную роль в интеграции коллекций наблюдений, развития методов и схем контроля данных и их четырехмерного усвоения, улучшения прогностических схем и физико-динамических моделей [19, 20]. При этом необходимы тщательные сопоставления результатов реанализа со всевозможными данными наблюдений. Обнаруженные расхождения между данными реанализа и данными наблюдений должны служить не только поводом для выводов об ограниченности использования данных реанализа, но и основанием критически взглянуть на качество и точность данных наблюдений, используемых для сопоставлений с реанализом [19, 21].

Выводы

Необходимым этапом обработки массивов результатов радиозондовых наблюдений является контроль их качества. От его результатов зависит достоверность выводов, получаемых при анализе данных.

Показано, что использование глобальных массивов радиозондовых наблюдений, прошедших процедуры контроля качества данных, основанные на разных принципах, может быть одной из причин расхождения результатов расчетов и климатических исследований по данным радиозондирования атмосферы.

Обнаруженные в работе различия между признаками качества данных после прохождения процедур последовательного и комплексного контроля качества согласуются с выводами других авторов о необходимости тщательных сопоставлений результатов изучения климата и его изменений, полученных по различным источникам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О. А., Черных И. В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования. Т. 1. Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.
2. *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, 1996. 151 p.
3. *Eskridge R. E., Alduchov O. A., Chernykh I. V., Zhai P., Polansky A. C., Doty S. R.* A comprehensive aerological reference dataset (CARDS): rough and systematic errors // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1995. V. 76, N 10. P. 1759–1775.
4. *Wallis T.* A subset of core stations from the Comprehensive Aerological Reference Dataset (CARDS) // J. Climate. 1998. V. 11, N 2. P. 272–282.
5. *Eskridge R. E., Sterin A. M.* Detection of Climate Change Using the CARDS Data Set // Geneva: WMO. Instruments and Observing Methods. 1993. Report No. 49. WMO/TD N 462. P. 461–463.
6. Алдухов О. А., Оржеховская В. А., Садовникова Т. О., Руденкова Т. В. Архив текущей аэрологической информации «АЭРОСТАБ». Описание архива. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 28 с.
7. Руденкова Т. В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
8. Алдухов О. А., Черных И. В. Принципы контроля качества гидрометеорологической информации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 119–135.
9. Алдухов О. А., Черных И. В. Принципы контроля качества основных аэрологических параметров // Метеорология и гидрология.
10. *Durre I., Vose R. S., Wuertz D. B.* Overview of the Integrated Global Radiosonde Archive // J. Climate. 2006. V. 19, N 1. P. 53–68.
11. *Durre I., Vose R. S., Wuertz D. B.* Robust automated quality assurance of radiosonde temperatures // J. Appl. Meteorol. Climatol. 2008. V. 47, N 8. P. 2081–2095.

12. *Integrated Global Radiosonde Archive*, 2014. <https://catalog.data.gov/dataset/integrated-global-radiosonde-archive#>
13. *IGRA 2*, 2014. <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/igra/v2beta/igra2-readme.txt>.
14. Гордин В. А. Математические задачи гидродинамического прогноза погоды. Т. 1. Аналитические аспекты. Т. 2. Вычислительные аспекты. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 256 с., 264 с.
15. Гордин В. А. Математика, компьютер, прогноз погоды. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 224 с.
16. Груза Г. В., Рейтенбах П. Г. Статистика и анализ гидрометеорологических данных. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 216 с.
17. Шаймарданов М. З., Ковалев Н. П., Пуголовкин В. В. Автоматизированная система сбора, контроля, накопления гидрометеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 12с.
18. Гандин Л. С., Каган Р. Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 359 с.
19. Рубинштейн К. Г., Стерин А. М. Сравнение результатов реанализа с аэрологическими данными // Известия АН. Физика атмосферы и океана. 2002. Т. 38, № 3. С. 301–315.
20. Хан В. М., Стерин А. М., Рубинштейн К. Г. Оценки трендов температуры в свободной атмосфере по данным реанализа и радиозондовым наблюдениям // Метеорология и гидрология. 2003. № 12. С. 5–18.
21. Thorne P. W., Vose R. S. Reanalysis suitable for longterm trends: are they really achievable? // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2010. V. 91, N 3. P. 353–361.
22. Gaffen D. J. Temporal inhomogeneities in radiosonde temperature records // J. Geophys. Res. 1994. V. 99. P. 3667–3676.
23. Gandin L. S., Morone L. L., Collins W. G. Two years of operational comprehensive hydrostatic quality control at the National Meteorological Center // Weather and Forecasting. 1993. V. 8, N 1. P. 57–72.
24. Schwartz B. E., Doswell III C. A. North American rawinsonde observations: Problems, concerns, and a call to action // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1991. V. 72, N 12. P. 1885–1896.
25. Collins W. G. The Operational Complex Quality Control of Radiosonde Heights and Temperatures at the National Centers for Environmental Prediction. Part I: Description of the Method // J. Appl. Meteorol. 2001. V. 40, N 2. P. 137–151
26. Collins W. G. The Operational Complex Quality Control of Radiosonde Heights and Temperatures at the National Centers for Environmental Prediction. Part II: Examples of error diagnosis and correction from operational use // J. Appl. Meteorol. 2001. V. 40, N 2. P. 152–168.
27. Kahl J. D., Serreze M. C., Shiotani S., Skony S. M., Schnell R. C. In-situ meteorological sounding archives for Arctic studies // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1992. V. 73, N 11. P. 1824–1830.
28. Loehrer S. M., Edmands T. A., Moore J. A. TOGA COARE Upper-Air Sounding Data Archive: Development and quality control procedures // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1996. V. 77, N 11. P. 2651–2672.
29. Peterson T. C., Vose R. S. An overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1997. V. 78, N 12. P. 2837–2849.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ТЕЛЕГРАММ КОДА WAREP СРЕДСТВАМИ АРМ ПЕРСОНА

Е. Н. Зубрицкая¹, С. М. Сомова²

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

¹ zeh@meteo.ru; ² ssm@meteo.ru

Росгидромет и его территориальные органы осуществляют выпуск экстренной информации об опасных гидрометеорологических явлениях (ОЯ), которые могут угрожать жизни и здоровью населения, а также нанести ущерб окружающей среде, в виде штормовых предупреждений, оперативных телеграмм «Шторм», в которых информация приводится открытым текстом.

Модернизация наблюдательной сети, совершенствование технологий автоматической обработки и передачи данных, темпы экономического развития страны выставляют определенные требования к виду информации об ОЯ. Это связано не только с более оперативным поступлением информации для заблаговременного принятия решений и анализа, но и с возможностью ее унификации, автоматической обработки, обобщения, накопления в базах данных, что практически не реально с произвольным символьным текстом. Использование кода WAREP на наблюдательной сети Росгидромета позволит решить ряд задач по унификации и автоматизированной обработке содержания штормовых сообщений.

В центрах сбора и обработки метеорологической информации (УГМС и ЦГМС), оснащенных ПЭВМ, используется программное обеспечение системы автоматизированной первичной обработки ПЕРСОНА МИС конфигурации УГМС и ЦГМС соответственно. В пунктах наблюдения, не оснащенных автоматизированными метеорологическими комплексами (АМК), мы рекомендуем использовать ПЕРСОНУ МИС конфигурации АРМ. Эта система содержит те же программные компоненты ввода данных, контроля, получения режимно-справочных материалов и почти полный набор сервисных функций, что и ПЕРСОНА МИС

ЦГМС. Отличительной чертой ПЕРСОНА МИС АРМ является формирование срочной телеграммы SYNOR, телеграмм ДЕКАДА и КЛИМАТ. Телеграммы формируются как в кодах КН-01, КН-19 ДЕКАДА и FM 71-X CLIMAT, так и в коде BUFR.

В 2013 году к приложениям, формирующим телеграммы, добавлено приложение WAREP.EXE для формирования штормовых сообщений в коде WAREP. Данное приложение создано согласно Техническому заданию, разработанному по решению рабочего совещания «О готовности наблюдательной сети Росгидромета к оперативной передаче данных об ОЯ и НГЯ в коде WAREP» от 27 октября 2011 года [1]. Так как ПЕРСОНА МИС АРМ предназначена для станций, не оснащенных АМК, то телеграмма WAREP создается автоматизированным путем, помогая наблюдателю быстрее все закодировать с наименьшим числом ошибок.

Название программного приложения WAREP.EXE, которое находится в программной папке основного каталога ПЕРСОНЫ – \METEOWIN\PRG. Для работы программы необходимо наличие:

- служебного файла настройки папок системы ПЕРСОНА МИС METEOWIN\PRG\DISK. Файл создается при установке системы;
- служебного файла для хранения списков (ОЯ и НГЯ) явлений и сообщений программы \METEOWIN\PRG\EKR\MESSAGE1.WRP. Файл содержит типовой перечень явлений и критериев согласно таблицам А.1, Б.1 кода WAREP сообщения программы; комментарии. Этот файл поставляется с системой;
- файла паспортов станций \METEOWIN\PAS\PASPRT.PAS. Файл формируется в УГМС;
- настроечного файла \METEOWIN\PAS\PASP-TEL.ИИ, где ИИ – три последние цифры синоптического номера станции. Файл поставляется с системой, требует настройки;
- файл \METEOWIN\PRG\EKR\KRITOYA.WRP критериев ОЯ/НГЯ, доступный для редактирования любым текстовым редактором. Файл поставляется с системой, допускается редактирование.

В процессе своей работы приложение создает, а потом постоянно видоизменяет рабочий файл в программной папке \METEOWIN\PRG\WAREPTEL, где сохраняются сведения о тех ОЯ/НГЯ, которые требуют обязательного сообщения об окончании явления. Удалять этот файл не рекомендуется.

Приложение обеспечивает:

- ввод результатов измерений (наблюдений), характеризующих ОЯ/НГЯ;
- проверку оснований для выдачи штормовых сообщений по типу сообщения;
- формирование штормовых сообщений в коде WAREP;
- подсказку в виде списка телеграмм, требующих обязательного завершения;
- автоматическую настройку областей диалога при выборе телеграммы, требующей сообщения об окончании явления.

В текущей версии программного модуля штормовое сообщение может содержать информацию о нескольких ОЯ/НГЯ, но не позволяет соединять в одном сообщении разные типы телеграмм (усиление, окончание, возникновение).

Требуется несложная предварительная настройка внешних файлов, а именно:

- занести синоптический индекс своей станции в паспортные данные, если это не выполнено ранее;
- осуществить проверку оснований и настройку для выдачи штормовых сообщений по типу сообщения и шифру явления с использованием файла критериев характеристик явления \PRG\EKR\KRITOYA.WRP.

Для автоматического выбора некоторых данных из паспорта, а также правильного соответствия вида ОЯ/НГЯ и типа подаваемого сообщения (о возникновении, усилении или окончании), пользователю необходимо предварительно (один раз при запуске системы) заполнить таблицу вспомогательных сведений о статусе станции, содержащуюся в файле \PAS\PASP-TEL.III по принципу: да = 1, нет = 0. Вспомогательный паспортный массив станции для формирования телеграмм (см. табл.) помещен в файл PASP-TEL.III и имеет вид двух таблиц, расположенных друг за другом.

Запуск приложения осуществляется любым, допустимым в среде Windows, способом. Если запуск программы формирования штормового сообщения производится из главного меню ПЕРСОНЫ, то пользователь проходит по цепочке Главное меню – Телеграммы – WAREP. Для автономного запуска следует создать ярлык программы, кликнуть мышкой по ярлыку программы или зайти в папку \METEOWIN\PRG и кликнуть по имени программы.

Т а б л и ц а

Вспомогательный паспортный массив станции для формирования и передачи телеграмм WAREP об ОЯ по решению УГМС (да – 1, нет – 0)

Вид ОЯ	Подача информации об ОЯ	
	Усиление	Окончание
1. Очень сильный ветер, Ураганный ветер	1	
2. Шквал, Смерч над водной поверхностью, Смерч над сушей		1
3. Сильная жара, Аномально-жаркая погода, Чрезвычайная пожарная опасность, Сильный мороз, Аномально-холодная погода		1
4. Сильная пыльная (песчаная) буря, Сильная метель	1	
5. Сильная изморозь, Сильный гололед, Сильное отложение мокрого снега, Сильное сложное отложение	1	
Наличие автоматического датчика измерения осадков	0	

Результаты работы программы заносятся в папку \TEL, но в отличие от остальных видов телеграмм, формируемых ПЕРСОНОЙ, не происходит автоматической загрузки редактора с текстом телеграммы для просмотра или корректировки. В этом действии нет необходимости: текст создаваемой телеграммы WAREP можно сразу корректировать при ее формировании. Тем не менее тексты всех полученных телеграмм можно просмотреть с помощью одноименной опции. Просмотр сформированных телеграмм осуществляется с помощью внешнего редактора текстов.

Структура имени файла штормового предупреждения в системе ПЕРСОНА АРМ выглядит следующим образом – WNNNMMGG.Ш, где

W – отличительный признак телеграммы WAREP;

NNN – порядковый номер телеграммы WAREP для данной станции в пределах месяца;

MM – месяц обработки;

GG – две последние цифры года обработки;

Ш – три последние цифры синоптического номера станции.

После запуска программы перед пользователем на экране появится вид диалога (рис. 1) для формирования телеграммы.

Для корректного формирования штормового предупреждения пользователь должен последовательно выполнить ряд действий.

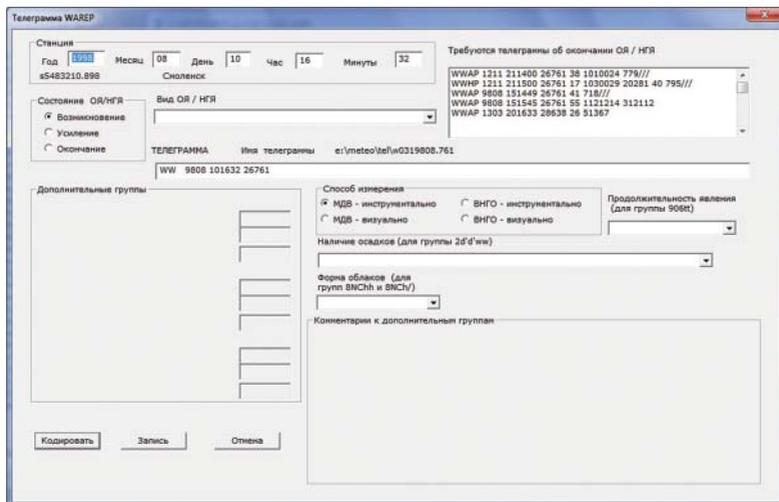


Рис. 1. Диалог интерфейса пользователя для формирования телеграммы

1. В области временных характеристик диалога приводится название станции, а также год, месяц, день и часы с минутами. Время и дата выбираются из таймера компьютера в момент запуска программы и помещаются в сообщение, согласно коду.

2. Выбор типа сообщения – второе действие после установки времени. В одном сообщении нельзя передавать одновременно окончание одного явления и возникновение другого. Допускается формирование сообщения одного типа для нескольких явлений. При старте программы по умолчанию принимается тип сообщения о возникновении опасного явления.

3. Выбор вида явления – третье действие при формировании телеграммы. Список явлений выводится на экран, отсортированный по шифру НГЯ/ОЯ. Выбирается одно явление, к нему вводятся дополнительные группы, если нужно, потом можно выбрать следующее явление.

4. В соответствии с приложениями Б и В национального варианта кода WAREP [1], а также с учетом данных файла \PAS\PASP-TEL.III проводится анализ на соответствие типа сообщения и вида явления. При необходимости выдается сообщение об ошибке. Программа ожидает от пользователя исправления. Как

только пользователь выберет вид явления, активируются боксы для ввода дополнительных групп. Чтобы уменьшить число ошибок при составлении телеграммы, боксы оснащены подписями, указывающими, к какой дополнительной группе кода они относятся. Если по коду какой-либо элемент группы должен быть равен ///, то соответствующий бокс недоступен, а значение /// кодируется в сообщение автоматически. Дополнительно к этой информации предусмотрено поле, озаглавленное «Комментарии к дополнительным группам». В момент старта программы оно пустое. Но после того как определился тип сообщения, вид ОЯ/НГЯ и пользователь приступил к занесению параметров дополнительных групп, по первому же клику в боксе ввода появится комментарий (рис. 2) к заданной группе.

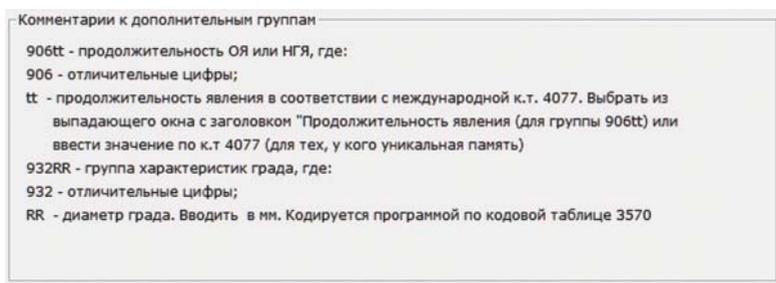


Рис. 2. Пример текста комментариев к дополнительной группе

В боксы дополнительных групп информация вводится в том виде, как была измерена (температура воздуха, диаметр града, скорость ветра). При необходимости она кодируется программой и помещается в текст телеграммы. Для нескольких параметров предусмотрены вспомогательные окна, в которых можно выбрать необходимое значение. Это относится к группе 906tt, где tt – продолжительность явления в соответствии с международной кодовой таблицей 4077, окно «Продолжительность явления (для группы 906tt)». Следует кликнуть по окну и в ниспадающем перечне временных диапазонов выбрать подходящую продолжительность. В бокс занесения данных дополнительных групп будет вставлено кодовое значение согласно таблице 4077.

Для групп 8NsChshs и 8NsÑh предусмотрено кодирование шифра формы облаков (рис. 3) с использованием вспомогательного

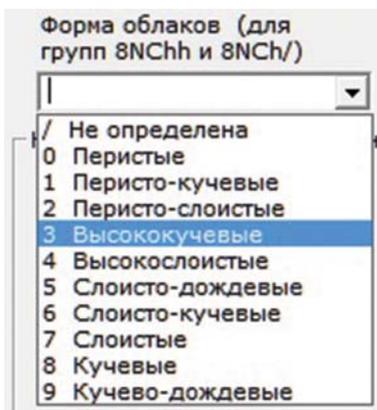


Рис. 3. Пример вспомогательного окна кодирования параметров группы облачность

окна «Форма облаков». В бокс занесения данных дополнительных групп будет вставлено кодовое значение согласно таблице 0500, разрешено заносить значение сразу в бокс дополнительной группы.

Для группы 2d'd'ww предусмотрено кодирование наличия осадков с использованием вспомогательного окна «Наличие осадков (для группы 2d'd'ww)». В средней части рабочего окна выделено место для бокса с формируемой телеграммой. Над боксом приводится полное имя файла данной телеграммы. При запуске программы по умолчанию предполагается, что будет формироваться сообщение о возникновении или усилении явления, поэтому WW далее – дата, время и синоптический номер станции (рис. 4). По мере формирования сообщения текст внутри бокса автоматически меняется.

Перед записью на диск можно отредактировать формируемое сообщение.

В верхнем правом углу рабочего окна приводится список телеграмм о возникновении явления, которое обязательно должно иметь сообщение об окончании. Проводится анализ только первого шифра ОЯ\НГЯ, хотя в телеграмме их может быть несколько. Чтобы сформировать сообщение об окончании, необходимо выбрать телеграмму из приводимого списка, все части рабочего окна автоматически подстроится под формирование телеграммы окончания явления. После того, как телеграмма о завершении

ТЕЛЕГРАММА	Имя телеграммы	e:\meteo\tel\w0271211.761
WW 1211 211414 26761		
ТЕЛЕГРАММА	Имя телеграммы	e:\meteo\tel\w0271211.761
WWHP 1211 211500 26761 17 1030029 20281 40 795///		
ТЕЛЕГРАММА	Имя телеграммы	e:\meteo\tel\w0271211.761
WWHP 1211 211500 26761 17 103//29 20281 40 795///		

Рис. 4. Изменение текста при выполнении оператором действий по формированию телеграммы

явления будет сформирована и записана на диск, она будет вычеркнута из приводимого списка.

В нижнем левом углу рабочей области программы расположены три кнопки (рис. 5). При нажатии кнопки «Кодировать» будет произведен выбор всех характеристик явления из боксов данных дополнительных групп, их кодирование и размещение в телеграмме после шифра ОЯ или НГЯ.

Рис. 5. Автоматическая настройка диалога при выборе телеграммы, требующей сообщения об окончании явления

Если щелкнуть по кнопке «Запись», будет задан вопрос о последнем перед записью редактировании готового сообщения. При ответе «Да» можно приступить к редактированию телеграммы, при ответе «Нет» происходит запись сообщения на диск с именем, указанным над боксом телеграммы. Сразу после этого программа прекращает свою работу.

Кнопкой «Отмена» или кнопкой клавиатуры «Esc» можно в любой момент работы с программой прекратить работу приложения WAREP, не сохранив никаких данных текущего сеанса.

Использование разработанного приложения по формированию телеграмм о возникновении, усилении и окончании ОЯ/НГЯ средствами ПЕРСОНА АРМ позволяет осуществлять оперативную передачу информации для своевременного принятия решений соответствующими органами, вести обработку и накопление в базах данных, сохранить надежную работоспособность модернизированной наблюдательной сети в части передачи оперативных сообщений об ОЯ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Приказ* Росгидромета от 10.10.2011 г. № 540 «О введении в действие кода WAREP для оперативной передачи данных об опасных гидрометеорологических явлениях, неблагоприятных гидрометеорологических явлениях (национальный вариант международного кода RF 6/04 WAREP)» – http://www.meteo.ru/Doc/2011_2_491.htm.

УДК 551.46.06:681.3.06

О НОВЫХ ПРОЦЕДУРАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СУДОВЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ

В. Н. Попова¹, С. М. Сомова², Е. М. Кракановская³

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

¹ popova@meteo.ru, ² ssm@meteo.ru, ³ kem@meteo.ru

Современные условия использования гидрометеорологической информации при решении научно-прикладных задач повышают требования к качеству наблюдений и, следовательно, к системам первичной обработки и сбора данных, включающим средства автоматизированного контроля и накопления наблюдений.

Архив судовых метеорологических наблюдений МОРМЕТ [1, 2], хранящийся в Едином государственном фонде данных (ЕГФД), является одной из крупнейших в мире баз данных по морской метеорологии. В настоящее время он обеспечен современными технологиями сбора и пополнения, позволяющими обрабатывать все источники поступления данных по судовой метеорологии. Данные журналов наблюдений проходят первичную обработку по технологии АС МЕТЕОСИ [3] и поступают в ЕГФД в виде ежегодной порции архивного хранения. АРМ технологии МОРМЕТ позволяет объединить все потоки судовой метеорологической информации (журналы наблюдений, телеграммы ГСТ, файлы данных международного обмена) для пополнения архива МОРМЕТ.

Усовершенствование процедур контроля и сервисных функций технологий позволяет повысить качество информации, поступающей на хранение. Новая версия автоматизированной системы МЕТЕОСИ включает средства каталогизации журналов наблюдений, проверку позывных платформы наблюдения (судна) и дополнительный контроль температуры поверхности воды.

1. Каталогизация журналов наблюдений

Каталог журналов судовых наблюдений предназначен для осуществления мониторинга поступлений в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» журналов КГМ-15 из морских УГМС, а также для формирования ежеквартальных и годовых отчетов о процессе первичной

обработки судовых метеорологических наблюдений. Кроме того, каталог позволяет повысить качество информации, т.к. дает возможность в сомнительных случаях вернуться к первоисточнику записи наблюдения на любом этапе формирования архива МОРМЕТ. Наличие в записях каталога сведений о судах, ведущих наблюдения, дает возможность использовать его для уточнения или пополнения информации баз данных (БД) наблюдательных платформ.

Каталог организован в виде таблицы СУБД MS ACCESS, поля которой описаны в следующей таблице.

Т а б л и ц а

Структура записи каталога журналов КГМ-15

Имя поля	Тип данных	Комментарии
Название судна	Текстовый	Название судна на русском языке
Позывной	Текстовый	Позывные сигналы судна
Тип судна	Текстовый	Тип судна на русском языке
Длина	Числовой	Наибольшая длина судна в метрах
Ширина	Числовой	Ширина судна по миделю в метрах
Высота	Числовой	Высота надводного борта над максимальной грузовой ватерлинией в метрах
Осадка	Числовой	Осадка максимальная в метрах
Водоизмещение	Числовой	Водоизмещение в тоннах
Скорость	Числовой	Максимальная скорость в узлах
УГМС	Текстовый	Курирующее УГМС
Ведомство	Текстовый	Ведомственная принадлежность
Фирма_судовладелец	Текстовый	Название фирмы судовладельца
Порт	Текстовый	Порт приписки
Дата начала рейса	Дата/время	Дата первого наблюдения в журнале
Дата окончания рейса	Дата/время	Дата последнего наблюдения в журнале
Количество наблюдений	Числовой	Количество наблюдений в журнале
Дата поступления журнала	Дата/время	Дата поступления журнала в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»
Порядковый номер	Числовой	Архивный номер, присвоенный журналу в ОМОИ ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»
Дата обработки	Дата/время	Дата передачи журнала на оцифровку
Дата сдачи журнала в архив	Дата/время	Дата передачи журнала в ЕГФД на хранение

Запись о новом журнале заносится в каталог при его получении из Управления гидрометеорологической службы. Информация о судне, ведущем наблюдения, берется с титульного листа журнала наблюдений.

для работы с каталогом журналов. Каталог открывается в виде таблицы в отдельном окне. Сервисные функции АС МЕТЕОСИ обеспечивают реализацию следующих возможностей:

- 1) занесение записи о новом журнале в каталог;
- 2) удаление выбранных записей из каталога;
- 3) просмотр каталога полностью и в режиме фильтрации записей:
 - а) по позывному сигналу судна,
 - б) по УГМС,
 - в) по месяцу поступления журнала во ВНИИГМИ-МЦД,
 - г) по месяцу обработки,
 - д) по номеру журнала, присвоенному в ОМОИ;
- 4) автоматическую проверку наличия в каталоге журнала, открытого для проведения контроля (возможность включается по требованию оператора);
- 5) формирование отчетов о количестве полученных и обработанных журналов за конкретный квартал указанного года, а также целиком за указанный год;
- 6) сохранение полученных отчетов в виде текстовых файлов.

2. Проверка позывных судна

Одной из важнейших проблем управления информацией является удаление дублей записей наблюдений, которые, естественно, возникают, поскольку входные потоки информации частично пересекаются. Непростая задача выявления дублей в судовых метеорологических наблюдениях усугубляется часто встречающимися ошибками в позывных судов. При оцифровке журналов наблюдений ошибки в позывных допускаются из-за небрежного заполнения титульного листа журнала или невнимательности оператора.

Новая версия АС МЕТЕОСИ дополнена средствами проверки корректности позывных судов, которые в совокупности с ведением каталога журналов наблюдений полностью исключают возможность появления ошибочных позывных в файлах наблюдений, подготовленных на основании журналов КГМ-15.

Проверка позывных осуществляется на основании информации БД «Суда УГМС и НИУ».

База данных «Суда УГМС и НИУ» содержит сведения обо всех отечественных судах, проводящих гидрометеорологические

наблюдения. Она сформирована в среде MS ACCESS и обновляется ежегодно на основании сведений о состоянии судовой наблюдательной сети, получаемых из морских УГМС.

В соответствии с технологическим процессом первичной обработки файл, полученный после оцифровки журнала с помощью специализированного текстового редактора АС МЕТЕОСИ, должен быть проконтролирован и преобразован в формат архивного хранения. Имя файла формируется из позывных судна, ведущего наблюдения и дат первого и последнего наблюдений журнала.

При обращении к процедуре контроля позывные судна выбираются из имени файла, производится поиск соответствующего судна в БД «Суда УГМС и НИУ» и соответствующего журнала в каталоге (рис. 3).

Если позывные судна отсутствуют в базе данных «Суда УГМС и НИУ» или название судна в базе не совпадает с названием судна в соответствующей строке каталога журналов, оператор получает

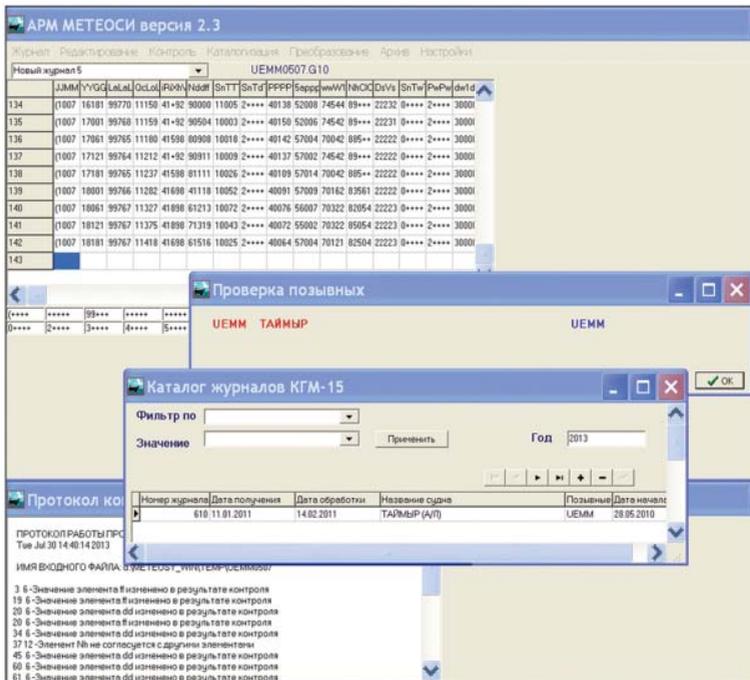


Рис. 3. Контроль оцифрованного журнала в АРМ АС МЕТЕОСИ

соответствующие сообщения и производит сверку имени контролируемого файла и записи каталога журналов с титульным листом журнала КГМ-15. Далее либо исправляются позывные судна в имени контролируемого файла, либо исправляется запись в каталоге журналов, или направляется запрос в УГМС, и на основании полученного ответа вносятся исправления в БД «Суда УГМС и НИУ».

Файл, полученный после оцифровки журнала, может содержать большое количество ошибок в наблюдениях, исправление которых потребует многократного запуска процедуры контроля. Проверку позывных судна и сверку имени файла с каталогом журналов достаточно провести один раз. Поэтому для того, чтобы на экране не было лишних окон и для повышения быстродействия системы, оператор при повторных запусках контроля имеет возможность отключения проверки позывных. Для этого пользователь должен убрать флажки в пунктах меню «Контроль» → «Проверить позывные судна» и «Каталогизация» → «Проверка журнала в каталоге». По умолчанию проверка позывных и каталога включена.

3. Контроль температуры поверхности воды

Информация о температурном режиме поверхностного слоя воды морей и океанов имеет большое значение для службы прогнозов, обеспечения судовождения и рыбного промысла, поэтому измерения температуры поверхности воды входят в обязательную программу работ судовых станций всех разрядов. Однако различия в осадке судов, скорости их хода, возможность искажения за счет сброса за борт сточных вод и другие методические погрешности затрудняют получение объективной информации о температуре поверхностного слоя воды с борта судна.

Кроме того, анализ ошибок, допущенных в наблюдаемых значениях температуры поверхности воды (ТW), показал, что наиболее характерным бывает завышение или занижение значения ТW в 10 раз относительно корректного значения. Это является следствием сдвига позиции при оцифровке журнала или при занесении значения параметра в журнал наблюдений или в телеграмму. Грубый контроль на предельные значения, рекомендованный ВМО [4, 5], предполагает считать корректными все значения ТW от -2 до 37 °С и не может выявить ошибки сдвига в данных, если все значения (например: 1 и 10 °С, 20 и 2 °С) укладываются в заданные пределы.

В последнюю версию АС МЕТЕОСИ включена процедура дополнительного контроля температуры поверхности воды на основе многолетних среднемесячных значений TW в пятиградусных квадратах Мирового океана. Использовался атлас «GOSTA» (Global Ocean Surface Temperature Atlas) [6], в котором эти значения рассчитаны по наблюдениям за период с 1856 по 1995 год (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.GOSTA/.atlas8/>).

Допустимые отклонения от среднего многолетнего значения выбраны эмпирическим путем с учетом максимального среднеквадратического отклонения по атласу и возможных аномалий.

Был принят следующий алгоритм контроля.

1. Значение TW считается правильным, если выполняется условие: $TW_{cp} - 6 \leq TW \leq TW_{cp} + 8$, где TW_{cp} – многолетнее среднемесячное значение температуры поверхности воды в указанном пятиградусном квадрате для заданного месяца.

2. Если наблюденное значение TW не удовлетворяет указанному критерию (п. 1) и наблюдение производилось в первой декаде месяца, то проверка повторяется, но берется TW_{cp} в указанном квадрате для предыдущего месяца.

3. Если наблюденное значение TW не удовлетворяет указанному критерию (п. 1) и наблюдение производилось в последней декаде месяца, то проверка повторяется, но берется TW_{cp} в указанном квадрате для последующего месяца.

4. Если после всех выполненных проверок (п. 1–3) выяснилось, что наблюденное значение не попадает в заданный интервал, оно бракуется (присваивается признак качества «сомнительно»). Оператор может исправить значение TW , если ошибка допущена в процессе оцифровки журнала и исходный документ содержит правильное значение.

Алгоритм протестирован в течение года более чем на 400 журналах наблюдений, а также включен в технологию МОРМЕТ-126 и опробован на данных с телеграмм, полученных по ГСТ.

При контроле месячных порций наблюдений, полученных по ГСТ, количество выявленных ошибок TW увеличилось в 4–6 раз. (0,1 % от общего количества наблюдений составили ошибочные значения TW при контроле на грубые пределы, рекомендованные ВМО, и до 0,6 % – при контроле по среднемесячным значениям). Экспертиза обнаруженных ошибок производилась с помощью сопутствующих наблюдений других судов в том же квадрате, в те же или ближайшие сроки, что и ошибочное наблюдение.

В ряде случаев ошибки были допущены в координатах наблюдений, которые были косвенным образом обнаружены в процессе контроля ТW, т.к. среднее значение привязано к номеру пятиградусного квадрата. Этот дополнительный эффект особенно ценен при обработке данных ГСТ. В месячной порции наблюдений не всегда удается проследить рейс судна, а грубые ошибки в координатах, связанные с неправильным номером октанта, встречаются очень часто.

Таким образом, использование общепринятых и вновь разработанных методов контроля параметров судовых метеорологических наблюдений в автоматизированных системах первичной обработки и технологиях, формирующих интегрированные информационные ресурсы судовых данных, позволяет повысить качество морской метеорологической информации, предназначенной для решения научных задач, обслуживания потребителей, осуществления международного обмена данными и долговременного хранения в ЕГФД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянич И. Г., Юдин К. Б., Кракановская Е. М., Калинина Н. Н. Новая версия массива судовой метеорологической информации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1990. Вып. 151. С. 65–73.
2. Yudin K. B., Ulyanich I. G., Popova V. N., Krakanovskaya Ye. M., Razuvaev V. N. Russian Marine Meteorological Data Set // Proceedings of the International COADS Workshop, Colorado, 13–15 January 1992. Boulder: U.S. Department of Commerce, 1992. P. 73–79.
3. Попова В. Н., Сомова С. М. Автоматизированная система архивации морских метеорологических наблюдений, поступающих в журналах КГМ-15 // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 112–119.
4. Annex 2 to Recommendation 9/3 (JCOMM-II). Amendments to the Manual on Marine Meteorological Services and Guide to Marine Meteorological Services. Minimum Quality Control Standards MQCS-V (Version 5) // Abridged final report with resolutions and recommendations. Joint WMO/IOC technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM), Second Session, Halifax, 19–27 September 2005. Geneva:WMO, 2006. P. 101–113.
5. Приложение к рекомендации 7 (КММ-Х). Минимальные стандарты контроля качества // Сокращенный окончательный отчет десятой сессии ВМО. Комиссия по морской метеорологии, Париж, 8–17 февраля 1989 г. Женева: ВМО, 1989. С. 108–113.
6. Bottomley M., Folland C. K., Hsiung J., Newell R. E., Parker D. E. Global Ocean Surface Temperature Atlas «GOSTA». Meteorological Office, Bracknell, UK and the Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 1990. 20 pp and 313 plates.

УДК 681.3.06:551.5

О РАЗВИТИИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПОСТОВ

*Т. П. Правосудько¹, С. М. Сомова²,
Е. В. Амелченко³, Л. А. Волкова⁴*

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

¹ ptp@meteo.ru, ² ssm@meteo.ru, ³ Amelchenko@meteo.ru, ⁴ vla@meteo.ru

Несмотря на реализацию проектов по модернизации наблюдательной метеорологической сети и повышения уровня автоматизации информационной деятельности в оперативно-производственных подразделениях Росгидромета, развитие традиционных технологий сбора, обработки, контроля и накопления режимной метеорологической информации станций и постов остается актуальной задачей [1].

При этом важным является сохранение технологической преемственности программных средств прежних версий систем обработки [2] с вновь разрабатываемыми технологиями для накопления текущей режимной метеорологической информации в Едином государственном фонде данных (ЕГФД) Росгидромета в виде файлов исторических архивов.

Программные средства системы ПЕРСОНА МИП в среде ОС Windows разрабатывались как средства автоматизированного рабочего места специалиста-метеоролога с целью максимально облегчить работу наблюдателей и обработчиков на сети. В этой связи было принято решение отказаться от предварительного кодирования наблюдаемой информации (составления блочного кода) и заносить результаты наблюдений в ПЭВМ в поля специальных экранных форм ввода, максимально приближенных к виду книжек наблюдений, что существенно ускоряет и упрощает подготовку данных к автоматизированной обработке [3]. Однако в настоящее время в связи с возникновением задач по восстановлению и обработке исторических данных, полученных разными версиями системы на сети, реализация такого подхода приводит к определенным сложностям.

Работы по усовершенствованию и расширению функциональных возможностей системы ПЕРСОНА МИП в ОС Windows

в период с 2011 по 2013 год были ориентированы на решения проблем по восстановлению пропусков в данных, обработку и формирование исторических временных рядов. С этой целью в системе ПЕРСОНА МИП дополнительно разработано и внедрено программное обеспечение этапа конвертирования исторических данных постов (формат RES версии DOS) во внутренний формат представления данных в ПЕРСОНА-МИП (Win) для обеспечения сквозного специализированного доступа к обработанным данным. Необходимость данной разработки была также обусловлена следующими причинами:

а) разным составом компьютерного парка в УГМС сети Росгидромета;

б) разным информационным объемом программ наблюдений постов (в составе управления одновременно имеются посты как перешедшие на дополнительные виды наблюдений, так и работающие по старой программе);

в) разным форматом входной информации для системы обработки результатов наблюдений на ПЭВМ (блочный код для DOS и экранные формы книжек наблюдений для Windows);

г) разными форматами входных данных для получения таблиц Метеорологического ежемесячника, часть 2, и Ежегодника (DOS и Windows (с 2007 г.) для постов и Windows для станций);

д) разным форматом архивных ЯОД-файлов для DOS и Windows версий систем автоматизированной обработки режимных данных ПЕРСОНА МИП.

Приведение формата внутреннего представления обрабатываемых порций данных в RES-папке головного каталога системы ПЕРСОНА МИП (Win) в единый формат позволило:

- сохранить единый формат представления архивных данных для всех УГМС, это дает возможность менять информативную составляющую программы наблюдений постов без переработки программ формирования архивов, а при отсутствии дополнительных данных сокращать объем архивов за счет отсутствия соответствующих записей;

- сохранить единый формат выходных форм (таблицы ME, часть 2, и Ежегодника) для управлений и единый вариант программного комплекса получения таблицы ME, часть 2, и Ежегодника (формат Win-Win для станций и постов);

- сохранить представление паспортных характеристик постов как с прежней, так и с измененной программой наблюдений в едином массиве;
- использовать имеющиеся в системе сервисные средства специализированного доступа к данным (выборки, таблицы, экспорт).

Была подготовлена документация с описанием этапов конвертирования и рекомендациями для пользователей системы. Приложение этапа вводится в действие из пункта «Сервис» головного меню системы. Интерфейс этапа представлен на рисунке 1.

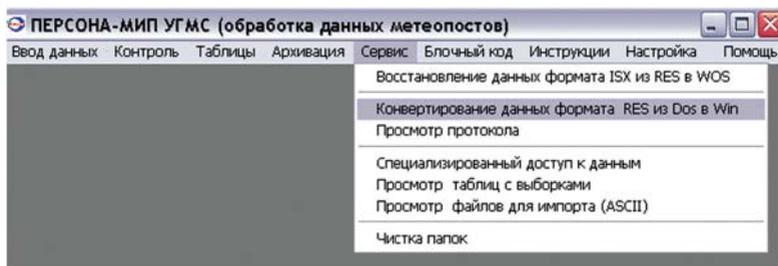


Рис. 1. Интерфейс этапа конвертирования исторических данных постов (формат RES версии DOS) во внутренний формат представления данных в системе ПЕРСОНА МИП (Win)

Очередным шагом усовершенствования системы ПЕРСОНА МИП (Win) было развитие этапа обработки входных данных постов в блочном коде версии ПЕРСОНА МИП в DOS, полного контроля и записи обработанных данных в формат системы ПЕРСОНА МИП в ОС Windows. Данная разработка обусловлена тем, что отмена блочного кода в версии ПЕРСОНА МИП (Win) породила проблему дополнительной обработки материалов прошлых лет для восстановленных данных. Первичную обработку данных постов, подготовленных до внедрения системы ПЕРСОНА МИП (Win), в УГМС приходилось вести по старой схеме в DOS-версии системы. Автоматически перекодировать данные наблюдений из формата DOS в формат Windows из-за разницы во входных и выходных форматах представления данных не представлялось возможным. В связи с тем, что занесение данных в ПК осуществляется непосредственно из книжек наблюдений, минуя процесс кодирования, формат данных во входном каталоге системы приспособлен для ввода их в экранные формы, поэтому читать и корректировать такие файлы можно только с помощью пункта меню системы «Ввод

данных». Отказ от кодирования данных на этапе подготовки входного сообщения поста не позволял заносить текущую информацию в систему с помощью простого редактора текстов.

Созданная и внедренная в 2012 году технологическая цепочка этапа обработки входных данных постов в блочном коде по версии ПЕРСОНА МИП в DOS снимает все эти проблемы.

В связи с расширением функциональных возможностей системы существенной доработке подверглись диалоги рабочего стола системы. Функциональный перечень процедур этапа обработки входных данных постов в блочном коде версии ПЕРСОНА МИП в DOS представлен на рисунке 2.

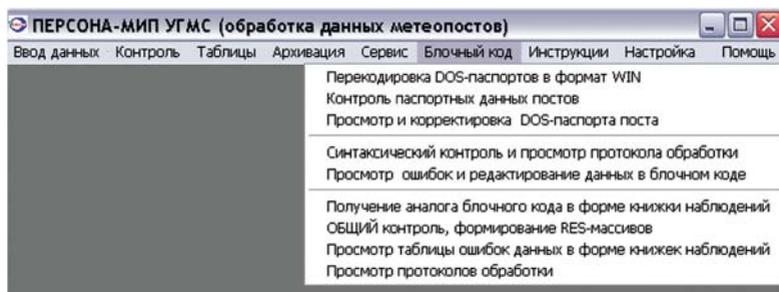


Рис. 2. Интерфейс этапа обработки входных данных постов в блочном коде версии ПЕРСОНА МИП в DOS

В программу предварительного синтаксического контроля поступивших на вход данных постов в блочном коде дополнительно был разработан и подключен блок контроля паспортных данных в формате DOS.

Для эффективной работы пользователя на этапе просмотра ошибок и редактирования данных в блочном коде в диалогах системы подключен многооконный текстовый редактор Notepad++, который в разовом сеансе чтения подключает сразу три файла: файл с таблицей синтаксических ошибок, файл с исходными данными в блочном коде и инструкцию с рекомендациями по исправлению ошибок. При выборе для корректировки нескольких файлов, закрытие одной тройки файлов вызывает поочередную загрузку другой и т. д. Процесс такого просмотра файлов при корректировке входных данных постов в блочном коде представлен на рисунке 3.

Таким образом, новая версия системы ПЕРСОНА МИП в ОС Windows, усовершенствованная и расширенная дополнительными

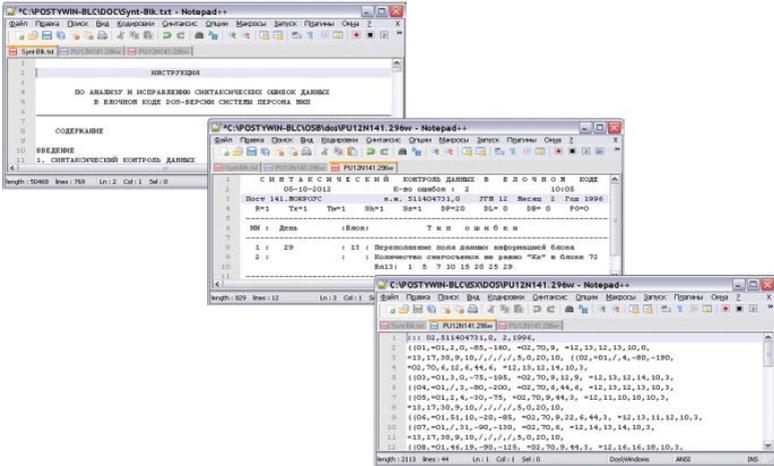


Рис. 3. Просмотр и корректировка входных данных постов в блочном коде версии ПЕРСОНА ММП в DOS

функциональными возможностями, учитывающими специфику обработки данных в предыдущей версии, позволяет на сети выполнять задачи:

- обработку результатов наблюдений в блочном коде по старой программе наблюдений;
- занесение и корректировку данных в блочном коде (работа в текстовом редакторе);
- обработку материалов прошлых лет (входных данных, в том числе и файлов, полученных по программе «Восстановление данных»);
- обработку файлов с обобщенной информацией во внутреннем формате (исторических данных постов в формате RES версии DOS);
- получение выходных форм в виде комплекта таблиц ТМП в двух вариантах:
 - в расширенном виде (новый вариант) для постов с дополнительными видами наблюдений;
 - в сокращенном (прежнем) виде для постов с сокращенной программой наблюдений и для использования отдельных видов метеорологических данных в агрометеорологическом комплексе AGRO.

В 2012 году развитие и усовершенствование системы ПЕРСОНА МИП (Win) осуществлялось также в части обеспечения автономного чтения архивных ЯОД-файлов и вывода по ним справок. Разработана программа формирования нового массива паспортов по записям архивного файла с паспортными характеристиками, соответствующими моменту создания архивного файла. Также была модифицирована и подключена к выполнению в опции «Сервис» головного меню системы программа контроля паспортного массива постов: ликвидирована проверка последовательности условных номеров постов, номеров зон, упразднен анализ на признак «!» в 67-й позиции; не выдаются как ошибки сведения об отсутствии на постах новых дополнительных видов наблюдений.

В том же году в системе ПЕРСОНА МИС (Win) было разработано и внедрено программное обеспечение блока совместного контроля данных станций и постов с учетом расширенного числа контролируемых параметров, появившихся во входной информации метеорологических постов. Осуществлена модификация программы, выполняющей выборку данных станций и постов, обобщение данных станций, сведение их к дискретности времени наблюдений постов. В связи с изменением числа наблюдаемых и контролируемых параметров изменен макет файла данных, участвующий в контроле и в процессе критического анализа результатов.

С начала 2013 года ведется разработка комплекса программ этапа формирования и вывода комплекта таблиц Метеорологического ежегодника по снежному покрову. Комплект таблиц содержит годовые выводы по всему перечню наблюдаемых, расчетных, обобщенных и экстремальных данных по снежному покрову за холодный период двух смежных календарных лет в целом по всем источникам метеорологических данных всех УГМС наблюдательной сети Росгидромета. Программный комплекс этапа будет подключен в рабочем столе системы ПЕРСОНА МИС (Win). Такие ежегодники выпускались до 1980 года вручную и пользовались активным спросом у потребителей.

Разработка новых программ расчета дат появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова, объединяющих два смежных календарных года, обусловлена необходимостью систематического пересчета вручную сотрудниками отделов метеорологии и климата для районов с

неустойчивым снежным покровом (например, Северо-Кавказского ГМЦ) таблиц 16 и 17 Метеорологического ежегодника в части дат появления и схода снежного покрова, дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова.

На территории ЮФО и СКФО часто отмечаются затяжные теплые осени, теплые зимы. В случаях позднего появления снежного покрова (в январе, феврале), установления устойчивого снежного покрова после второго декабря, двукратного залегания устойчивого снежного покрова вследствие оттепелей в середине зимы, а также при раннем разрушении устойчивого снежного покрова (в декабре) даты появления снежного покрова, установления и разрушения устойчивого снежного покрова используемой в настоящее время программой не определяются. Таким образом, для районов с неустойчивым снежным покровом необходима разработка программ обработки результатов наблюдений за снежным покровом не по полугодиям, а в целом за зимний сезон (за холодный период двух смежных календарных лет). Внедрение комплекса в производственную эксплуатацию на сети Росгидромета осуществляется с 2014 года.

Развитие автоматизированных систем сбора, обработки и накопления режимных метеорологических данных, технологическая, научная и методическая поддержка их функционирования с учетом особенностей модернизации видовых наблюдательных сетей Росгидромета и дальнейшим внедрением новых средств наблюдений и измерений оптимизирует работу наблюдательной сети и обеспечивает регулярное пополнение Единого государственного фонда данных Росгидромета качественной режимной информацией для научно-исследовательских работ по изучению изменений климата и обслуживанию потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коришунов А. А., Пуголовкин В. В.* Перспективы развития системы сбора, первичной обработки и распространения метеорологической информации: аспекты экономической эффективности и полезности // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 169. С. 49–65.
2. *Зубрицкая Е. Н., Правосудько Т. П.* Система ПЕРСОНА МИП в среде ОС Windows // Труды ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. Вып. 174. С. 69–75.
3. *Лежнева Н. Г., Пуголовкин В. В., Правосудько Т. П.* Автоматизация рабочего места метеоролога-наблюдателя // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 166. С. 117–122.

УДК 681.518:551.5

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАССИВОВ С ДАННЫМИ ПЕРВИЧНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В УНИФИЦИРОВАННОМ ФОРМАТЕ

*Т. П. Правосудько¹, С. М. Сомова²,
Е. В. Амельченко³, Л. А. Волкова⁴*

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ ptp@meteo.ru, ² sm@meteo.ru, ³ Amelchenko@meteo.ru, ⁴ vla@meteo.ru*

Актуальность разработки информационной технологии формирования исторического архива первичных агрометеорологических наблюдений станций и постов продиктована современным состоянием информационных ресурсов, необходимостью наблюдаемой информации для прогнозов, исследований изменчивости климата, обслуживанием потребителей, отсутствием дисциплинарного архива по первичным данным агрометеорологических наблюдений в Едином государственном фонде данных (ЕГФД). А также решением задач по спасению исторических агрометеорологических ресурсов, накопленных с 1990-х годов прошлого столетия и хранящихся до настоящего времени в промежуточных форматах и разрозненных структурах, являющихся недоступными для научной общественности.

Ключевым моментом для разработки технологии послужил унифицированный формат хранения первичной агрометеорологической информации AGROI, разработанный и утвержденный на методической комиссии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в 2010 году, позволяющий объединить в одном архиве данные, полученные с помощью различных программных средств обработки результатов наблюдений, внедренных на сети Росгидромета [1].

В данной технологии реализован технологический процесс комплексной обработки различных потоков наблюдаемых данных, создания и накопления информационного ресурса для ЕГФД с целью регулярного пополнения информационной базы режимных агрометеорологических данных в виде специально структурированных файлов долговременного хранения. В результате обработки

на выходе получают объединенные информационные массивы данных по каждому Управлению гидрометеорологической службы (УГМС) за конкретный сельскохозяйственный год наблюдений [2].

AGROJOD включает две автономные ветви программных приложений, предназначенных для обработки данных программно-технологических комплексов AMFD и AMFD2, а также первичных данных комплекса ARMAGRO.

Структура технологии такова, что отдельные ее этапы выполняются строго последовательно друг за другом, а согласование процесса обработки осуществляется на уровне общего интерфейса комплекса, входного и выходного информационных потоков.

Ниже приводится перечень программных средств технологии:

- программа формирования на экране ПЭВМ заставки программного комплекса AGROJOD;
- головные программы каждой ветви ПС этапа создания архива;
- программы формирования выходного файла данных в формате AGROI (чтение и переформатирование потока входных данных из форматов программных комплексов AMFD, AMFD2 и комплекса ARMAGRO); управления процессом сортировки данных по ключевым параметрам, удаления дублей; управления процессом объединения данных в выходном файле формата AGROI; управления процессом выдачи протоколов формирования выходного файла в формате AGROI (файл в текстовом формате содержит справку о наличии данных в выходном файле по заданным параметрам: номеру УГМС, году наблюдений и перечню источников наблюдений и характеристики ошибочных массивов);
- программы формирования и вывода в текстовый файл алфавитной справки о массивах в выходном файле по УГМС;
- программы формирования и вывода в текстовый файл алфавитной справки о массивах в выходном файле по ЦГМС;
- программы формирования и вывода в текстовый файл справки о наличии данных по видам книжек наблюдений в выходном файле;
- программы формирования и вывода в текстовый файл расширенной справки о наличии в массивах выходного файла данных по видам таблиц наблюдений;
- программы чтения набора данных в формате AGROI и разделения его на массивы по источникам данных;

- программы формирования выходной продукции в виде комплектов таблиц-аналогов книжек наблюдений по источникам данных;
- программы сверки данных таблиц, полученных по массивам выходного файла и базы данных AMFD, AMFD2 или ARMAGRO;
- программное обеспечение интерфейса пользователя, под управлением которого функционируют все вышеперечисленные программы.

На рисунке 1 приведена общая схема технологии, включающая все этапы обработки данных.

Ниже приводится перечень основных этапов формирования архивного файла, реализуемых технологией:

- 1) формирование заказа на обработку выбранной порции данных;
- 2) автоматизированная подготовка исходных массивов к прообразу записей выходного архивного файла, комплексный контроль поступающих на обработку данных;
- 3) программный контроль архивируемого потока данных на пропуски, пустые строки при наличии ключевых параметров, шаблонные записи и незначащие нули;

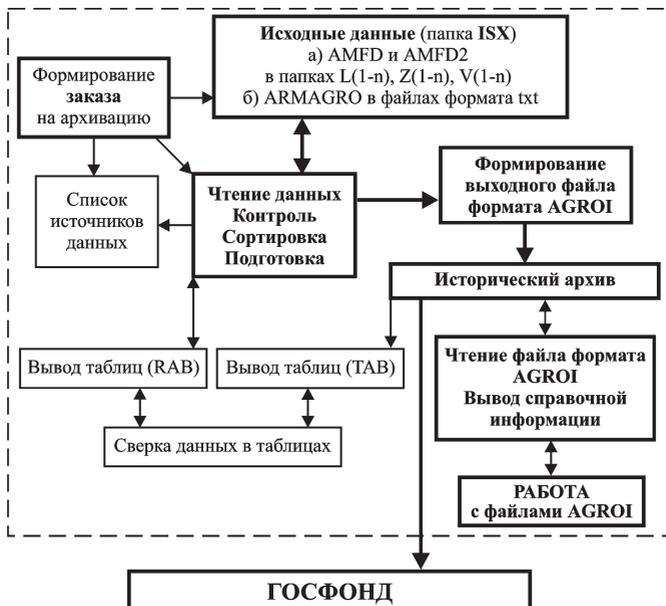


Рис. 1. Общая схема функционирования технологии AGROJOD

- 4) сортировка полученных файлов по заданным ключам;
- 5) формирование таблиц-аналогов входных форм первичных данных AMFD, AMFD2 и комплекса ARMAGRO по полученным на предыдущем шаге массивам;
- 6) формирование архивных файлов данных в унифицированном формате AGROI (выходная продукция);
- 7) получение справочной информации по выходному файлу и технологическим этапам;
- 8) чтение сформированного файла в формате AGROI и преобразование данных в отдельные массивы по видам таблиц с записью в рабочий каталог;
- 9) вывод таблиц-аналогов книжек KCX и TCX по полученным на предыдущем шаге массивам;
- 10) побайтная сверка данных таблиц, полученных по выходному архивному файлу с таблицами, полученными по массивам исходных данных AMFD, AMFD2 и комплекса ARMAGRO;
- 11) интерактивное взаимодействие с пользователем при прохождении этапов технологического процесса с помощью графического интерфейса;
- 12) формирование текстовых файлов-протоколов, содержащих список массивов, включенных в выходной файл и список отсутствующих источников данных, дающих представление о полноте информации в архивном файле, сведения о количестве записей каждого типа (количество таблиц по номерам) в каждом из массивов данных (станции или поста) выходного файла;
- 13) просмотр протоколов процесса архивации, поиск причин возникновения нестандартных ситуаций, корректировка данных в исходных массивах и повтор процедуры формирования выходного файла данных.

Процесс формирования выходного архивного файла начинается с загрузки входных данных в программный комплекс.

Входные данные комплексов AMFD и AMFD2 (файлы с результатами первичных наблюдений) заносятся (копируются) в соответствующие их наименованиям (L1-n, Z1-n, V1-n) папки каталога \AGROJOD\ISX\.

Входные данные комплекса ARMAGRO (результаты первичных наблюдений станций и постов) [3], сформированные специально сгенерированной базой запросов Dbz.mdb в виде экспортных массивов данных в форматах текстовых файлов с

разделителями, экспортируются непосредственно в папку ISX. На рисунке 2 приведен интерфейс этапа выборки первичных данных из таблиц Local.mdb комплекса ARMAGRO.

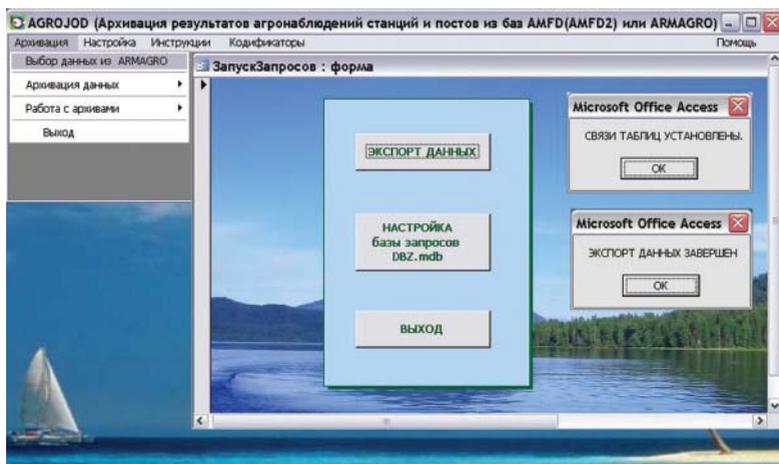


Рис. 2. Интерфейс этапа выборки информации из электронных таблиц базы первичных данных Local.mdb комплекса ARMAGRO

Процедура формирования файла формата AGROI предв­ра­ется формированием заказа на обработку, который создается в режиме диалога при работе пользователя с соответствующим диалоговым окном. Программа формирования заказа на формирование архивного файла данных создает идентификатор будущего выходного файла, осуществляет настройку программ технологии AGROJOD на входные форматы данных AMFD, AMFD2 или ARMAGRO, а также осуществляет настройку всех служебных файлов, сопровождающих процесс обработки, выбранной порции данных.

Поскольку форматы поступающих на вход данных различаются между собой, как структурой записей, так и последовательностью расположения ключей и элементов в строках, технологический этап «Формирование заказа на архивацию» разделен на параллельные блоки: «входной формат базы данных AMFD», «входной формат базы данных AMFD2» и «входной формат базы данных ARMAGRO». Это и обеспечивает прохождение процесса обработки данных по разным цепочкам (см. рис. 3).

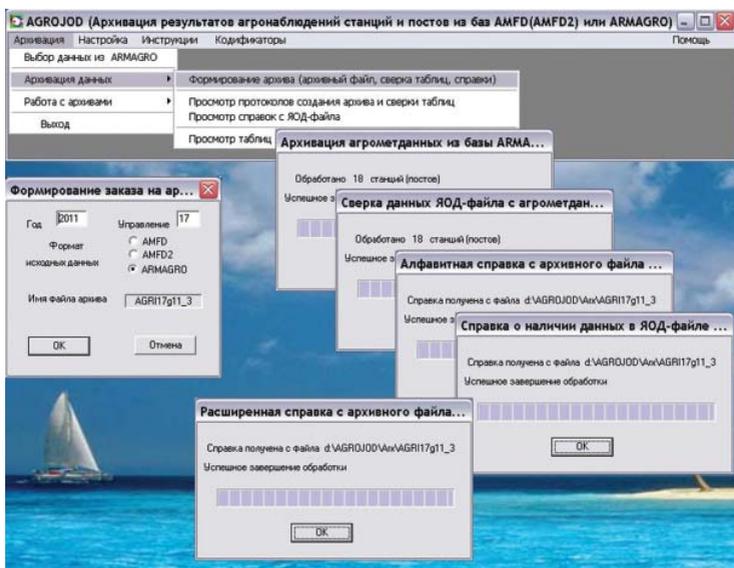


Рис. 3. Интерфейс этапа формирования архивных файлов данных в унифицированном формате AGROI и вывода по ним справочной информации

Далее к процессу обработки подключается «Программный контроль архивируемого потока данных».

В каждом сеансе формирования выходного файла формата AGROI перед записью производится контроль исходных файлов данных на наличие в них нарушения структуры, или отсутствие сопряженных файлов с необходимой информацией и пр. Процесс контроля ввода входных данных и формирования выходных архивных файлов осуществляется в технологии AGROJOD по следующим пунктам.

- Проверка входных информационных массивов (включенных в заказ на обработку) на принадлежность к определенному УГМС и к соответствующему периоду наблюдений.
 - Проверка исходных массивов данных на нарушение структуры.
 - Проверка полноты заказанных для обработки данных.
- С этой целью программно формируются списки источников данных УГМС, информация которых занесена в выходной файл формата AGROI, и источников данных, принадлежащих данному управлению, информация которых отсутствует в выходном файле.

- Осуществляется программный контроль потока данных на пропуски, шаблонные записи и незначащие нули. Все строки таблиц или целые табличные файлы, содержащие забракованные данные, исключаются из процесса архивации.

Следующий шаг этапа формирования архивного файла – «Сортировка порции обработанных входных файлов по заданным ключам» – работа с входными файлами после процесса переформатирования данных, представляющего собой автоматизированную подготовку исходных массивов к прообразу записей выходного файла формата AGROI.

Для процесса формирования выходных файлов принята такая схема и очередность ключей, которая позволяет наиболее четко управлять потоками данных в создаваемом историческом архиве первичных агрометеорологических наблюдений:

1. УГМС – Номер Управления;
2. ЦГМС – Номер ЦГМС в Управлении;
3. ГОД – Год наблюдения;
4. СТАНЦИЯ – Синоптический индекс источника данных;
5. ИМЯ – Наименование станции (поста);
6. ТИПЗАП – Вид записи.

Сортировка заказанных массивов осуществляется в соответствии с возрастанием числовой величины синоптического индекса источника данных, а также ключевых параметров более низкого уровня.

Этап «Формирование таблиц-аналогов входных форм данных AMFD, AMFD2 или ARMAGRO по полученным на предыдущем шаге массивам» необходим для проверки структуры входных данных, а также для контроля структурированной информации в записях выходного потока данных.

Этап «Формирование файлов данных в унифицированном формате AGROI» является основным этапом технологии.

Выходной файл формируется в папке ARX головного каталога комплекса \AGROJOD\ARX. Формирование файла ведется автоматически в интерактивном режиме и сопровождается выдачей экранных сообщений выполняемых программ и протоколом, содержащим сведения о массивах данных, входящих в архивный файл, а также перечнем массивов, не записанных в архивный файл, с указанием причин, не позволивших включить их в выходной файл. Протокол создания архивного файла формируется в

папке AGROJOD\PRT и при особой необходимости автоматически выводится на экран монитора.

В результате последующего чтения выходного файла, сформированного в формате AGROI, и преобразования его в отдельные массивы данных по видам таблиц и выводом по полученным массивам таблиц-аналогов книжек наблюдений КСХ и ТСХ на выходе получаем информацию от всех источников данных, занесенных в архивный файл, представленную в табличном виде. Процедура просмотра таких таблиц в технологии представлена на рисунке 4.

The screenshot displays the AGROJOD software interface with several windows open:

- AGROJOD (Архивация результатов агронаблюдений станций и постов из баз AMFD(AMFD2) или ARMAGRO)**: The main application window with a menu bar (Архивация, Настройка, Инструкции, Кодификаторы) and a menu open for 'Архивация данных'.
- Формирование заказа с индексом массива для...**: A dialog box for selecting a station and mass index. It lists stations like 28593 (Большережье) and 28598 (Исилькуль).
- Просмотр таблиц с данными архив...**: A dialog box for selecting a file from the archive path 'd:\AGROJOD\TAB\28598'.
- Table 112**: A table showing damage levels for crops.

Номер УГРС 17		Год 2011		Синопт. индекс 28586		Станция (пост) Тювакинск	
Таблица 112 ПОВРЕЖДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР							
№ тура	участка	дата	повреждения	оценка	площадь	вместо	дата
п/п	шифр	стг	шифр	шифр	%	шифр	повреждения
1	7	36	10.08.11	63	*	4	6 37 09.08.11
2	7	36	26.08.11	63	*	3	12 37 с 24.08 -
3	7	37	26.08.11	63	*	4	8 37 с 24.08 -
4	7	36	02.09.11	44	1	1	5 37 с 21.08 -
- Table 119**: A table showing crop structure.

Номер УГРС 17		Год 2011		Синопт. индекс 28586		Станция (пост) Тювакинск						
Таблица 119 СТРУКТУРА УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ												
№ тура	участка	дата	число	масса	число	масса	число	масса	число	масса	число	масса
п/п	шифр	стг	д	г	г	г	г	г	г	г	г	г
1	7	2	12.09.11	346	309.8	0.90	39.4	22.9	**	1	77	0 1.11 1.20 * ***
2	7	36	02.09.11	397	436.1	1.10	41.5	26.5	**	1	104	0 1.63 1.45 3 12
3	7	37	04.09.11	447	275.8	0.62	36.2	17.1	**	1	76	0 0.93 1.12 4 8

Рис. 4. Схема просмотра таблиц-аналогов входных форм первичных данных комплексов AMFD, AMFD2 и ARMAGRO, сформированных по массивам данных архивного файла

В технологии также реализован этап «Получение справочной информации», поскольку справочная информация является неотъемлемой частью документации, сопровождающей файлы унифицированного формата AGROI, а также служит дополнителем

средством контроля процесса формирования архивных файлов. С уже сформированного выходного архивного файла берется, так называемая, «расширенная» справка, содержащая сведения о наличии либо отсутствии записей каждого вида и их количестве (количестве таблиц по номерам) в каждом из массивов данных (станции или поста). Форма «расширенной» справки приведена в приложении к описанию унифицированного формата AGROI.

Кроме «расширенной» справки выводятся «алфавитные справки по ЦГМС, входящим в УГМС, и общая справка по УГМС», а также «справка о наличии данных в ЯОД-файле по видам книжек наблюдений» для каждого источника информации. Справки содержат перечень источников данных, информация которых включена в архивный файл, а также сведения о том, формат каких данных (AMFD, AMFD2 или ARMAGRO) использован в качестве входных в папке ISX при формировании выходного файла.

Процедура просмотра справочной информации на этапе формирования архивного файла представлена на рисунке 5.

Этапы технологии: «Чтение вновь сформированного файла формата AGROI с разбиением единого информационного массива на отдельные файлы данных и записью их в рабочий каталог»; «Вывод таблиц-аналогов книжек и таблиц наблюдений КСХ и ТСХ для каждого источника по полученным на предыдущем шаге массивам» и «Побайтная сверка данных таблиц, полученных по архивному файлу, с таблицами, полученными по массивам исходных данных AMFD, AMFD2 и ARMAGRO» – предназначены для проверки структуры и качества выходных данных. Контроль осуществляется по следующим направлениям:

1) Обработка исходных массивов данных и получение по ним комплектов таблиц КСХ-1м, КСХ-2м, КСХ-3м, ТСХ-4, ТСХ-5 и ТСХ-6м по формам, идентичным таблицам, представленным в первичных данных программно-технологических комплексов AMFD, AMFD2 или ARMAGRO;

2) Сквозное чтение вновь созданного выходного архивного файла, преобразование данных в отдельные массивы и получение по ним комплектов таблиц КСХ-1м, КСХ-2м, КСХ-3м, ТСХ-4, ТСХ-5 и ТСХ-6м;

3) Автоматическая посимвольная сверка данных таблиц, полученных по выходному архивному файлу с таблицами, полученными по массивам исходных данных AMFD, AMFD2 или

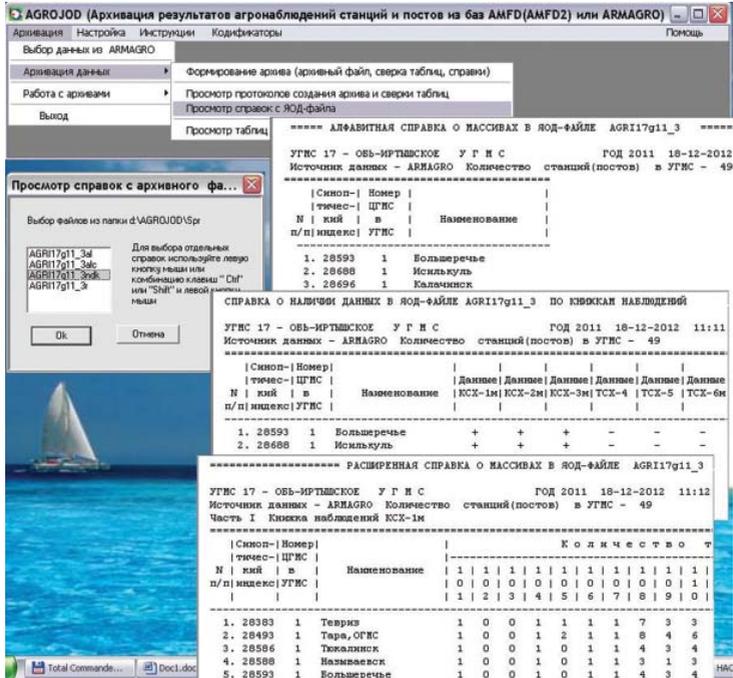


Рис. 5. Схема просмотра справочной информации на этапе формирования архивного файла

ARMAGRO в процессе обработки исходных массивов и подготовки их к записи в архив.

Использование графического интерфейса при выполнении этапов технологического процесса облегчает пользователю контроль над выполнением всех этапов формирования архивных файлов унифицированного формата.

Формирование текстовых файлов-протоколов, содержащих списки массивов данных, как включенных в выходной файл, так и отсутствующих источников данных, дает представление о полноте информации в архивном файле; предоставляет сведения о количестве записей каждого типа (количество таблиц по номерам) в каждом из массивов данных (станции или поста) выходного файла; фиксирует успешное завершение сеанса обработки данных, а в случае возникновения нестандартных ситуаций в технологическом процессе способствует выяснению их причин.

Технологический этап «Просмотр протоколов процесса архивации, поиск причин возникновения нестандартных ситуаций, корректировка данных в исходных массивах и при необходимости повтор всех этапов процесса формирования выходного файла данных» является необходимым и завершающим этапом технологии архивации данных.

Технология AGROJOD обладает достаточно простым и удобным интерфейсом, а также располагает целым рядом сервисных функций, связанных с анализом содержания формируемых файлов долговременного хранения первичной агрометеорологической информации и табличным представлением обработанных результатов наблюдений.

Сервисное приложение «Работа с архивами» помимо дополнительного контроля ранее сформированных архивных файлов позволяет выполнять чтение и выборки данных из файлов архива, что является важной компонентой технологии, обеспечивающей оперативное обслуживание потребителей.

Таким образом, разработанная информационная технология и те технологические решения, заложенные в ней, позволят при дальнейшем ее внедрении и эксплуатации осуществлять как комплексную обработку всего спектра первичных агрометеорологических данных, поступающих с наблюдательной сети, так и осуществить формирование уникального дисциплинарного архива для ЕГФД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM-PC-совместимых ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1996. Вып. 160. С. 41–54.
2. *Описание* формата хранения данных агрометеорологических наблюдений станций и постов, поступающих из программных комплексов AGRO, AMFD2 и ARMAGRO (формат AGROI). Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. 172 с.
3. *Пуголовкин В. В., Романенко Л. И., Смирнов Д. В., Зеура А. Ю.* Методические и программно-технологические решения при построении АРМ агрометеорологанаблюдателя // Труды ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2007. Вып. 172. С. 112–120.

УДК 556.04:[556.124:556.16.06]:627.14

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СНЕГОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПОДГОТОВКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Е. В. Гниломедов

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

При современных изменениях климата наиболее опасные катастрофические наводнения, паводки и сели формируются в горных районах территории России, а более раннее прохождение весенних половодий в верхних, горных частях бассейнов рек обуславливает учащение катастрофических ледово-заторных наводнений в нижних, равнинных частях их бассейнов. Суммарный ущерб от таких опасных гидрологических явлений ежегодно составляет миллиарды рублей, нередко сопровождается человеческими жертвами, экологическими бедствиями для населения и природных систем. Поэтому повышение качества прогнозирования опасных наводнений, паводков и селей на горных реках особенно актуально. Оно может быть достигнуто на основе улучшения информирования о запасах воды в снежном покрове и их распределении по высотным зонам бассейнов рек.

Однако труднодоступность гор, их слабая заселенность не позволяют создавать там густую сеть стационарных гидрометеорологических наблюдений и обуславливают необходимость наземных маршрутных или авиамаршрутных наблюдений, выполняемых УГМС Росгидромета. Данные наблюдения проводятся в горных районах Кавказа, Алтая, Саян, Кольского полуострова, гор Восточной Сибири, Дальнего Востока, Камчатки, Сахалина и др. Всего в 15 УГМС Росгидромета.

Маршрутные наблюдения над снежным покровом и осадками в бассейнах горных рек, в отличие от стационарных наблюдений, проводятся с целью сбора сведений о накоплении запасов воды к началу снеготаяния.

В каждом конкретном районе и бассейне реки накопление снегов запасов зависит от высоты местности, крутизны, ориентации и экспозиции склонов, расстояния до орографического барьера

от края горной страны и т. д. [1, 2]. Основные особенности такой дифференциации снегонакопления учитываются измерениями на снегомерных маршрутах в горах.

Специализированные наблюдения за снежным покровом и осадками в горах подразделяются на три вида:

- 1) наземные маршрутные снегосъемки;
- 2) авианаблюдения за снежным покровом;
- 3) наблюдения за осадками по суммарным осадкомерам.

Периодичность снегомерных съемок определяется гидропрогнозистами. Как правило, они осуществляются в последней декаде месяца с января (иногда с декабря) по март – июнь или же один раз перед началом снеготаяния. С такой же периодичностью производятся авианаблюдения за снежным покровом в горах и наблюдения за осадками по суммарным осадкомерам.

Подробные сведения о составе наблюдений за снежным покровом в горах, авианаблюдений за снежным покровом и наблюдений за осадками по суммарным осадкомерам приведены в Руководстве по снегомерным работам в горах [3].

Результаты наблюдений за снежным покровом и осадками в горах в УГМС ежегодно обобщаются в виде «Материалов наблюдений над снежным покровом и осадками в горах».

В отличие от данных стационарных наблюдений за осадками и над снежным покровом, обработка которых автоматизирована и результаты наблюдений за многолетний период занесены на технический носитель и доступны для использования в гидропрогнозах, материалы наземных маршрутных и авиамаршрутных наблюдений пока обрабатываются вручную, и данные наблюдений за прошлые годы есть в виде публикаций и таблиц на бумажном носителе, что затрудняет их использование для гидрологических прогнозов.

Разработанная в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» система обработки, создания и ведения базы данных наблюдений за снежным покровом и осадками в горах («СНЕГ-В-ГОРАХ») позволяет автоматизировать занесение, обработку и хранение данных наблюдений за снежным покровом и осадками в горах, улучшить информационное обеспечение для повышения качества прогнозов водности, опасных наводнений, паводков и селей на горных реках. Программный комплекс создан усилиями специалистов Лаборатории государственного водного кадастра.

Общие сведения об автоматизированной обработке данных

Система автоматизированной обработки данных СНЕГ-В-ГО-РАХ предназначена для занесения в базу данных информации, ее контроля и корректировки, обработки информации, получения табличных материалов. Предусмотрено занесение следующих данных:

1) условно-постоянных (паспортных) сведений о бассейнах рек, в которых проводятся снегосъемки, снегомерных маршрутах, снегомерных пунктах, промерных линиях, суммарных осадкомерах, дистанционных рейках, участках проведения наблюдений за сезонной снеговой границей;

2) результатов измерений высоты и плотности снега, наблюдений за его состоянием и распределением, результатов измерений количества атмосферных осадков по суммарным осадкомерам, сведений о сезонной снеговой границе.

Для разработки автоматизированной системы обработки данных снегомерных наблюдений были выбраны языки программирования Delphi и Fortran.

Программный комплекс состоит из шести программ, трех служебных файлов и руководства пользователя:

- SNEGGOR.EXE – управляющая программа. Осуществляет диалог с пользователем, работу с экранными формами для занесения и корректировки информации, формирует файлы базы данных, передает управление остальным программам;

- KOSNEGPA.EXE – смысловой контроль паспортных данных;

- KOSNEGIN.EXE – смысловой контроль результатов наблюдений;

- SNEG_PASP.EXE – получение таблиц паспортных сведений;

- SNEG_TAB.EXE – получение ежегодных таблиц;

- SNEG_MTAB.EXE – получение таблиц за многолетний период.

Служебные файлы KONT_PAS.TXT, KONT_INF.TXT, SHAPKA.TXT содержат текст сведений об ошибках и заголовки ежегодных и многолетних таблиц.

В руководстве пользователя можно получить исчерпывающую информацию о программном комплексе.

В процессе работы создаются некоторые вспомогательные файлы. Часть из них автоматически удаляется при выходе из программы.

Вся работа программного комплекса осуществляется в режиме диалога с пользователем посредством системы вложенных меню.

Для занесения информации в базу данных и дальнейшей корректировки разработаны специальные экранные формы (рис. 1).

Название элемента	Значение элемента	Кол-во занимаемых позиций
1. Дата измерения ДД.ММ.ГГГГ ***		10
2. Характеристика залегаания снежного покрова на площадке	1-7	1
3. Характеристика залегаания снежного покрова в окрестностях площадки	1-7	1
4. Средняя высота снега по рейке, см	0-999	3
5. Максимальная высота снега по рейке, см	0-999	3
6. Минимальная высота снега по рейке, см	0-999	3
7. Средняя плотность снега, г/куб.см	0.10-0.70	4
8. Максимальная плотность снега, г/куб.см	0.10-0.70	4
9. Минимальная плотность снега, г/куб.см	0.10-0.70	4
10. Средняя водность, мм	1-5000	4
11. Максимальная водность, мм	1-5000	4
12. Минимальная водность, мм	1-5000	4

Рис. 1. Пример экранной формы для занесения результатов измерений на снегопункте

Процесс работы с программным комплексом разделен на три раздела.

1. Раздел «Паспортные данные». На экране появляются формы для ввода, контроля, корректировки условно-постоянных сведений (паспортов). В процессе задействованы составляющие программного комплекса SNEGGOR.EXE, KOSNEGRA.EXE, KONT_PAS.TXT.

2. Раздел «Данные наблюдений». На экране появляются формы для ввода, контроля, корректировки данных наземных или авиационных снегомерных наблюдений. В работе участвуют SNEGGOR.EXE, KOSNEGIN.EXE, KONT_INF.TXT.

3. Раздел «Получение таблиц». Запускается диалог с пользователем для получения определенного табличного материала. Является наиболее сложным. Пользователь на различных этапах работы обращается ко всем девяти файлам программного комплекса.

Паспортные данные

Источником паспортных данных служат подготовленные при открытии маршрутов снегомерных наблюдений рукописные сведения или опубликованные «Материалы наблюдений над снежным покровом в горах».

Паспортные данные заносятся в базу данных до начала занесения результатов наблюдений. Они обновляются только при изменении каких-либо характеристик – переносе снегомерных пунктов, открытии новых маршрутов и т. п.

Разработаны семь экранных форм для занесения паспортных данных по бассейну, маршруту, снегопункту, промерной линии, осадкомеру, дистанционной рейке, участку бассейна, где проводятся наблюдения за сезонной снеговой границей.

Для рек, на которых проводились стационарные гидрологические наблюдения, название реки записывается так, как оно приведено в соответствующем выпуске «Каталога кодов пунктов гидрологических наблюдений на реках России» [4]. При отсутствии стационарных гидрологических наблюдений название реки выбирается из справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР» (серия «Гидрологическая изученность»).

После занесения информации в одной из экранных форм автоматически осуществляется синтаксический контроль данных и их перевод в промежуточный формат.

При отсутствии синтаксических ошибок в данных на экран будет выдана фраза «Синтаксических ошибок не обнаружено». Пользователь может приступить к заполнению следующей формы.

Если синтаксические ошибки были, пользователь может посмотреть сообщение об ошибке в открывшемся окне. Синтаксические ошибки подлежат обязательному исправлению.

Созданный ранее файл с паспортными данными можно посмотреть и скорректировать.

Данные наблюдений

Для занесения результатов наблюдений и измерений разработаны пять экранных форм: результаты измерений на снегопунктах наземных маршрутов, результаты измерений на промерных линиях наземных маршрутов, данные суммарного осадкомера, данные по дистанционным рейкам, данные о высоте сезонной снеговой границы.

К моменту занесения результатов наблюдений паспортные данные уже должны быть сформированы. Необходимо выбрать из предлагаемых списков конкретный бассейн реки, маршрут и, соответственно, снегомерный пункт, промерную линию, дистанционную рейку, осадкомер или участок бассейна, по которым нужно занести данные. После выбора паспортной информации можно заполнять форму с результатами наблюдений и измерений.

Предусмотрена возможность занесения как осредненных по снегомерному пункту (рис. 1) или промерной линии данных, так и результатов непосредственных измерений в отдельных точках (рис. 2). При занесении данных в точках поля осредненных данных заполнять не надо, они автоматически появятся в соответствующих полях верхней таблицы.

СТРУКТУРА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПО СЛОЯМ:

Номер слоя:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Высота слоя от поверхности почвы, см.	xxx.x								
2. Толщина слоя, см.	xxx.x								
3. Характеристика слоя снега	спис.								

НОМЕР ТОЧКИ:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Высота снега по рейке, см										0-999				3
2. Высота снега по цилиндру, см										1-999				3
3. Плотность снега, г/куб.см.										0.10-0.70				4
4. Масса в делениях линейки весов										1-5000				4
5. Толщина ледяной корки, мм										1-500				3
6. Толщина слоя снега насыщенного водой, мм										1-3000				4
7. Состояние почвы под снегом										1-7				1

Посчитать средние

Рис. 2. Занесение измерений в точках и данных по структуре снежного покрова

Далее приведены некоторые правила определения осредненных характеристик по площадке снегопункта или промерной линии.

1. Средняя высота снега по рейке вычисляется по формуле

$$H_{cp} = \sum H_i / n,$$

где H_{cp} – средняя высота снега по рейке; H_i – высота снега в точке измерения; n – количество точек измерения, для которых высота снега равна реальному числу. Точки, для которых в экранную форму в качестве высоты снега была занесена наклонная черта, также учитываются. Для них принимается $H_i = 0$.

2. Максимальная и минимальная высота снега по рейке выбирается как наибольшая и наименьшая величина из всех реальных значений высоты снега по рейке и значений, равных наклонной черте.

3. Средняя плотность снега определяется по формуле

$$d_{cp} = \sum Wi / (10 \sum hi),$$

где d_{cp} – средняя плотность снега (г/см^3), Wi – вес в делениях линейки весов, hi – высота по цилиндру (см). Рассматриваются только точки, для которых Wi и hi являются реальными числами.

4. Максимальная и минимальная плотность снега выбирается как наибольшая и наименьшая величина из всех реальных значений плотности снега в точках измерений.

5. Средняя водность вычисляется по формуле:

$$W_{cp} = 10 d_{cp} H_{cp},$$

где W_{cp} – средняя водность (мм); d_{cp} – средняя плотность снега (г/см^3); H_{cp} – средняя высота снега по рейке (см).

6. Максимальная и минимальная водность вычисляются по формулам

$$W_{\max} = 10 d_{cp} H_{\max},$$

$$W_{\min} = 10 d_{cp} H_{\min},$$

где W_{\max} и W_{\min} – максимальная и минимальная водность (мм); d_{cp} – средняя плотность снега (г/см^3); H_{\max} и H_{\min} – максимальная и минимальная высота снега по рейке (см).

Для описания характеристик залегания снежного покрова на площадке снегопункта, в окрестностях площадки, в окрестностях промерной линии и состояния почвы под снегом заносятся определенные коды, приведенные в инструкции к программному комплексу.

Предусмотрены также поля для занесения структуры снежного покрова по слоям (рис. 2). Максимально можно занести данные для 10 слоев. Структура снежного покрова определяется для всей площадки снегопункта (для всей промерной линии). Характеристика слоя снега выбирается пользователем из ниспадающего списка.

После занесения всех данных в одну экранную форму проводится синтаксический контроль. При наличии синтаксических ошибок сведения о них будут выведены на экран в отдельное окно. Синтаксические ошибки подлежат обязательному исправлению.

Контроль данных

Контроль данных наблюдений проводится в два этапа. Первичный (синтаксический) контроль данных наблюдений выполняется программными средствами на этапе их занесения. Допустимые символы для числовых элементов: цифры, прочерк, наклонная черта, точка. Кроме того, производится контроль числовых элементов на допустимые пределы. На втором этапе контроля осуществляется сравнение введенных величин между собой.

После занесения всех паспортных данных или данных измерений необходимо провести их смысловой контроль. Для этого служит соответствующий раздел меню. Если имеются смысловые ошибки, то следует их исправить. После всех исправлений следует провести смысловой контроль еще раз.

Алгоритмы смыслового контроля построены в основном на проверке соответствия одних введенных величин другим и подробно представлены в руководстве пользователя. Ниже для примера приведены некоторые из них (приведенные утверждения являются единственно верными, иначе выдается ошибка).

Алгоритмы контроля паспортных данных:

1. Количество паспортов снегопунктов, относящихся к конкретному маршруту, меньше или равно количеству снегопунктов, указанному в паспорте маршрута;

2. Год открытия снегопункта больше или равен году открытия маршрута и меньше или равен году закрытия маршрута;

3. Год закрытия снегопункта больше или равен году открытия снегопункта;

4. Высота снегопункта над уровнем моря меньше или равна максимальной высоте над уровнем моря на маршруте и больше или равна минимальной высоте над уровнем моря на маршруте;

5. Соответствие уклона площадки снегопункта и экспозиции площадки: если уклон равен нулю, экспозиция равна «гор» и наоборот; если экспозиция не равна «гор», уклон не равен нулю;

6. Протяженность промерной линии меньше длины маршрута.

Алгоритмы контроля данных измерений в точках (снегопункт и промерная линия):

1. Вычисляется плотность снега в точке по формуле $d = W / (10 \cdot h)$, где d – плотность снега (г/см^3), W – вес в делениях линейки весов, h – высота снега по цилиндру. Полученное

значение должно отличаться от занесенной плотности снега не более чем на 5 %;

2. Толщина ледяной корки не должна превосходить высоту снега по рейке;

3. Толщина слоя насыщенного водой снега не должна превосходить высоту снега по рейке.

Алгоритмы контроля осредненных данных измерений (снегопункт и промерная линия):

1. Количество измерений плотности не должно превосходить количество измерений высоты;

2. Средняя высота снега по рейке больше или равна минимальной высоте снега по рейке и меньше или равна максимальной высоте снега по рейке;

3. Средняя плотность снега больше или равна минимальной плотности снега и меньше или равна максимальной плотности снега;

4. Средняя водность больше или равна минимальной водности и меньше или равна максимальной водности.

Алгоритм контроля данных по структуре снежного покрова (снегопункт и промерная линия):

1. При наличии нескольких слоев снежного покрова должно выполняться условие

$$H_i + T_i = H_{i+1}, \quad i = 1, 2 \dots n-1.$$

Здесь H_i – высота i -го слоя снега от поверхности земли, T_i – толщина i -го слоя снега, n – количество слоев снега.

Алгоритмы контроля данных суммарного осадкомера:

1. Дата начала накопления осадков меньше даты конца накопления осадков;

2. Общее количество осадков должно отличаться от суммы количества воды, льда и снега не более чем на 10 %.

Алгоритмы сравнения паспортных данных и данных наблюдений:

1. Год в дате измерения на снегопункте больше или равен году открытия снегопункта;

2. Год в дате измерения по дистанционной рейке больше или равен году начала наблюдений по дистанционной рейке.

Испытания данной технологии контроля позволяют сделать вывод о достаточно надежной защите от ошибок, связанных с человеческим фактором.

Получение таблиц

На имеющейся в базе данных информации можно получить табличный материал за конкретный гидрологический год наблюдений или многолетний период.

Единых макетов для представления в табличном виде данных снегомерных наблюдений в горах не существует. В каждом УГМС сложилась своя практика подготовки табличного материала. При разработке программного комплекса СНЕГ - В - ГОРАХ созданы макеты таблиц, которые наиболее полно отражают содержимое файлов базы данных. Автоматизированным путем может быть получено 15 таблиц, номера и названия которых приведены ниже.

1. Алфавитный список рек, в бассейнах которых проводятся наблюдения за снежным покровом и осадками
2. Сведения о снегомерных маршрутах в бассейнах рек
3. Сведения о снегопунктах наземных маршрутов
4. Сведения о промерных линиях
5. Сведения о суммарных осадкомерах
6. Сведения о дистанционных рейках
7. Список бассейнов, в которых проводятся наблюдения за высотой сезонной снеговой границы
8. Высота, плотность и запас воды в снежном покрове на снегопунктах наземных маршрутных снегоъемок
9. Высота, плотность и запас воды в снежном покрове на участках линейной снегоъемки наземных снегомерных маршрутов
10. Количество атмосферных осадков по суммарным осадкомерам
11. Высота, плотность и водность снега по дистанционным рейкам
12. Высота сезонной снеговой границы по авиационным наблюдениям
13. Средняя многолетняя высота снежного покрова на конец месяца в бассейнах рек по пунктам наблюдений
14. Средняя многолетняя высота снежного покрова и запас воды в снеге по высотным зонам
15. Годовая динамика структуры снежного покрова и состояния почвы

Первые семь таблиц содержат сведения, полученные по паспортным данным. Таблицы 8–12 и 15 – это годовые таблицы, т.е. данные измерений и обобщенные характеристики в пределах одного осенне-зимне-весеннего сезона. Сезон выбирает

пользователь из имеющихся в базе данных. Таблицы 13 и 14 – данные за многолетний период, указанный пользователем.

Таблицы создаются в виде текстовых и Excel-файлов. Файлы помещаются в папку \ТАВ\, находящуюся внутри папки с программами. В названии файла, содержащего таблицу, приводится ее номер, а также первый и последний годы периода, за который получена таблица (кроме таблиц паспортных сведений). Для таблиц по одному конкретному бассейну приводится номер бассейна.

Можно выбрать построение таблиц паспортных сведений, годовых или многолетних таблиц (рис. 3).

При выборе годовых таблиц пользователь получит возможность выбрать осенне-зимне-весенний период из имеющихся в базе данных. Для получения ниспадающего списка периодов нужно нажать кнопку со стрелкой справа. В годовые таблицы войдет информация за выбранный период.

При выборе многолетних таблиц пользователь должен указать начальный и конечный годы периода наблюдений, которые должны войти в таблицы.

Перед получением таблиц автоматически проводится смысловой контроль имеющейся в базе информации. При наличии ошибок таблицы не строятся, а выдается список ошибок.

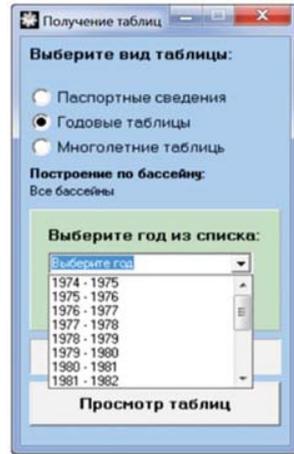


Рис. 3. Экранная форма построения таблиц

База данных

Информация хранится в базе данных в виде текстовых файлов, удовлетворяющих требованиям «Языка описания гидрометданных» (ЯОД) [5]. Нахождение и наименование папки с базой данных являются произвольными и фиксируются в файле spispass.ini.

Все паспортные данные, относящиеся к одному бассейну реки, записываются в один файл базы данных. Имя файла – PASSnn.gg, где nn – условный номер бассейна реки в базе, gg – 2 последние цифры года организации наблюдений в бассейне. В файле будет один экземпляр паспорта бассейна, а экземпляров остальных

паспортов может быть несколько. В одном бассейне могут существовать несколько маршрутов и несколько осадкомеров, в одном маршруте – несколько снегопунктов, промерных линий и дистанционных реек.

Данные наблюдений хранятся в той же папке, где находится паспорт. Имя файла – SNEGnn.gg, где nn – условный номер бассейна реки в базе, gg – 2 последние цифры года организации наблюдений в бассейне.

При возникновении необходимости переместить базу данных или же удалить ее можно воспользоваться сервисом настройки конфигурации базы. Для этого в меню «Сервис» предусмотрен пункт «Настройки базы». В открывшемся окне надо выделить соответствующий бассейн и совершить необходимое действие. Если папки, куда будет перемещена база данных, не существует, она создается автоматически. Одновременно с удалением или перемещением базы меняется системная информация в файле spisspass.ini, которая отвечает за доступ ко всем данным.

Меню «Сервис» также позволяет подключать уже существующие базы данных по другим бассейнам, созданные с использованием программного комплекса «СНЕГ - В - ГОРАХ». Для этого следует выбрать «Слияние с существующей базой» и в строке «Directory Name» указать местоположение подключаемой базы. Соответствующие изменения будут произведены в файле spisspass.ini. В случае совпадения имен файлов в старой базе и вновь подключаемой или перемещаемой происходит автоматическая замена одинаковых имен. С точки зрения пользователя это незаметно и на дальнейшую работу не влияет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галахов В. П.* Условия формирования и расчет максимальных снегозапасов в горах. Новосибирск: Наука, 2003. 104 с.
2. *Соседов И. С., Филатова Л. Н., Киктенко О. В. и др.* Температурный и водный режим горных склонов. Алма-Ата: Наука, 1983. 92 с.
3. *Руководящий документ «Руководство по снегомерным работам в горах»* РД 52.25.261–90. Москва: Гидрометеониздат, 1991. 127 с.
4. *Каталог кодов пунктов гидрологических наблюдений на реках России.* Москва: Метеоагентство Росгидромета, 2006.
5. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM PC совместимых ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1995. Вып. 160. С. 41–54.

УДК 551.515.7

ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА В XXI ВЕКЕ

Б. Г. Шерстюков¹, А. Б. Шерстюков²

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

¹ boris@meteo.ru, ² artem@meteo.ru

Введение

Прогнозы изменений климата на основе физико-математического моделирования показывают доминирующую роль антропогенных парниковых газов в современном потеплении глобального климата. На основе прогностических оценок по этим моделям ожидается, что потепление климата будет продолжаться в обозримом будущем. Наряду с повышением температуры будут наблюдаться изменения всех других параметров климатической системы, которые могут отразиться на метеорологических условиях горимости леса. И хотя вопрос о причинах современного потепления климата остается дискуссионным, а модели еще находятся в стадии развития, их прогностические результаты используются, так как других способов прогноза изменений климата до конца XXI века пока не создано. Противоречия разных научных подходов возникают в основном в части количественных оценок вклада различных антропогенных и природных факторов в современные и будущие изменения климата. Последствия изменений климата затрагивают многие стороны жизни человека, но и в части количественных оценок этих последствий остается много не ясного в количественных соотношениях. В настоящей работе главное внимание уделено получению соотношений между изменениями климата и лесными пожарами, а также рассматриваются возможные варианты изменения характеристик лесных пожаров при различных возможных сценариях изменений климата.

Физико-математические модели климата постоянно совершенствуются, в настоящее время проходят испытания моделей пятого поколения и составляется прогноз изменения климата для нескольких возможных сценариев изменения количества антропогенного углекислого газа и других парниковых газов.

В Главной геофизической обсерватории проведены исследования качества моделей пятого поколения, разработанных в различных климатических центрах мира, отобраны лучшие (по мнению авторов из ГГО) из них и получен обобщенный мультимодельный прогноз изменений климата для двух сценариев накопления антропогенных парниковых газов в атмосфере [1]. В предположении того, что модельные прогнозы отражают общую тенденцию будущих изменений метеорологических характеристик климатической системы, в настоящей работе выполнены оценки изменения среднего числа дней с пожароопасными для леса метеорологическими условиями в различных регионах России по трем временным интервалам: 2011–2030, 2041–2060 и 2080–2099 годы. А также получены предварительные результаты по количественным оценкам увеличения площадей выгоревшего леса к концу текущего столетия, если потепление климата будет следовать одному из рассмотренных сценариев.

Методы и материалы

Для возникновения лесного пожара необходимым условием является длительная жаркая и сухая погода. Эти условия характеризуются комплексом метеорологических характеристик: температура воздуха, продолжительность бездождного периода, влажность воздуха, – а также характеристиками горимости лесной подстилки, которые тоже в значительной мере зависят от метеорологических условий. Метеорологическая опасность возгорания леса ежедневно определяется по индексу В.Г. Нестерова и подразделяется по классам горимости леса. Значение индекса В.Г. Нестерова более 1000 (средняя горимость) является критерием, при котором обычно возникают лесные пожары, при наличии других необходимых условий для возгорания (наличие горючего лесного материала и источника огня). Лесную пожароопасность всего теплого сезона года удобно оценивать числом дней в году с индексом В.Г. Нестерова более 1000.

При отсутствии ежедневных метеорологических данных и невозможности вычисления индекса В.Г. Нестерова на каждый день года в работе [2] предложено использовать регрессионные соотношения между среднемесячными значениями температуры воздуха, месячными суммами атмосферных осадков и числом пожароопасных для леса дней в месяце. Пожароопасными считались дни с индексом В.Г. Нестерова более 1000.

В работе [2] проводились исследования вклада трех метеорологических характеристик в изменения числа пожароопасных дней за сезон. Показано, что изменения месячных значений температуры воздуха количества атмосферных осадков и относительной влажности дают совместный вклад 55–69 % в общую дисперсию числа пожароопасных дней за весь сезон (май–август) на большей части территории России. При этом в некоторых южных районах России и на Приленском плато совместный вклад всех трех метеорологических характеристик в общую дисперсию превышает 70 %.

Но мультимодельные прогнозы, подготовленные в ГГО, содержат только данные о среднемесячной температуре и средней суточной сумме атмосферных осадков. Данных о влажности воздуха нет. В работе [2] показано, что по таким сведениям тоже можно оценивать прогностическое значение числа пожароопасных дней за сезон. В тех случаях, когда для оценок горимости леса используется уравнение регрессии по данным только температуры воздуха и количества атмосферных осадков (без данных об относительной влажности), суммарный вклад указанных метеорологических элементов в общую дисперсию числа пожароопасных дней составляет 40–55 % почти во всей лесной зоне России.

В настоящей работе в качестве исходных данных использовались мультимодельные сведения о будущем климате России, которые подготовлены в ГГО (приземная температура воздуха и атмосферные осадки), для трех 20-летних интервалов XXI века: 2011–2030 гг., 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг. Эти сведения о будущем климате получены в ГГО осреднением результатов расчетов по 31 модели общей циркуляции атмосферы, которые участвуют в проекте сравнения глобальных климатических моделей CMIP5 и используют современные сценарии антропогенного воздействия на климатическую систему Земли семейства RCP: «мягкий» сценарий RCP4.5 и «жесткий» RCP8.5.

Прогностические среднемодельные данные получены из ГГО в узлах сетки $1 \times 1^\circ$ – среднемесячные значения температуры и среднесуточное количество атмосферных осадков за месяц. Эти абсолютные значения температуры и осадков получены добавлением изменений соответствующих характеристик в ансамбле моделей к реальным средним значениям указанных характеристик за базовый период 1981–2000 гг. Среднесуточные значения количества осадков переводились далее в количество осадков за месяц путем умножения среднесуточных значений осадков на число дней в месяце.

Сведения о реальных лесных пожарах взяты из справочника [3].

По ежедневным данным о температуре воздуха, температуре точки росы и количеству атмосферных осадков за 1966–2009 годы по станциям России (1572 станции) вычислены значения индекса В.Г. Нестерова G в соответствии с ГОСТом [4, 5] на каждый день пожароопасного сезона и подсчитано число дней в каждом месяце с индексом $G > 1000$. Эти сведения далее использовались в качестве эталонных при исследовании методов косвенного получения числа пожароопасных дней в месяце по месячным метеорологическим данным. Выполнено исследование возможности вычисления по уравнению линейной регрессии значений числа дней N_f с индексом $G > 1000$ в зависимости от среднемесячной температуры (t) и месячной суммы осадков (R):

$$N_f = b_t t + b_R R + a. \quad (1)$$

Уравнения регрессии для каждой метеорологической станции строились по метеорологическим данным за 1966–2011 годы. Коэффициенты уравнения регрессии для мая вычислялись по многолетним рядам майских значений температуры и осадков, аналогично коэффициенты для июня вычислялись по рядам июньских метеорологических данных и т. д. (отдельно по каждому месяцу пожароопасного сезона с мая по сентябрь включительно). Накопленные коэффициенты далее использовались для прогностических целей лесопожарных характеристик на основе модельных прогностических значений изменения температуры воздуха и атмосферных осадков до конца XXI века по данным ГГО.

На каждой станции прогностические значения числа пожароопасных дней вычислялись по уравнению (1) для каждого месяца отдельно. Число пожароопасных дней за год складывалось из месячных прогностических значений пожароопасных дней за весь пожароопасный сезон. В уравнения подставлялись прогностические мультимодельные значения температуры (t) и количества осадков (R) ближайшего к станции узла географической сетки с шагом $1 \times 1^\circ$.

Для пространственных сравнений результатов на карты вводились значения отклонений прогностического числа пожароопасных дней D на станции от среднего числа пожароопасных дней на этой станции за базовый период 1981–2000 гг. (N):

$$D = N_f - N,$$

где N_f – прогностическое значение числа пожароопасных дней на заданный временной интервал.

Построены карты изменения прогностического числа пожароопасных дней для трех 20-летних интервалов XXI века: 2011–2030 гг., 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг. отдельно по двум сценариям возможного антропогенного воздействия на климатическую систему.

Вычислены значения относительных изменений числа пожароопасных дней на заданный временной интервал относительно базового периода 1981–2000 гг. :

$$D = 100 (N_f - N) / N (\%).$$

Результаты

По жесткому сценарию RCP8.5 в 2011–2030-х годах заметные изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. произойдут почти на всей Европейской территории России, в Западной Сибири и на юге Восточной Сибири (увеличение на величину до 9 дней). А в некоторых районах на юге и западе Европейской территории России, а также на юге Сибири число пожароопасных дней ожидается на 10–19 дней больше за пожароопасный сезон (рис. 1).

По мягкому сценарию прогностическая карта оказалась практически идентичной. Это означает, что в первом временном интервале различия в прогнозах изменения климата не проявляются.

По сценарию RCP8.5 к 2028–2047 гг. и к 2041–2060 гг. по сценарию RCP4.5 ожидается потепление глобальной температуры на 2 °С. Потепление на 2 °С считается пороговым для изменения климата, после достижения которого возврат к прежнему состоянию планетарной системы окажется невозможным. При повышении температуры более чем на 2 °С общество потеряет контроль над ситуацией по изменению климата.

В 2028–2047 гг. (рис. 2) по сценарию RCP8.5 и по мягкому сценарию RCP4.5 увеличится число пожароопасных дней на 10–14 дней и более в тех же регионах, в которых в предыдущие годы увеличение прогнозировалось на 5–9 дней.

В 2041–2060 гг. почти на всей Европейской территории России и на юге Сибири ожидается увеличение числа пожароопасных дней на 10–14 и 15–19 дней (рис. 3).

В прогнозах по мягкому сценарию области с градацией увеличения числа пожароопасных дней на 15–19 дней занимают меньшие площади на карте.

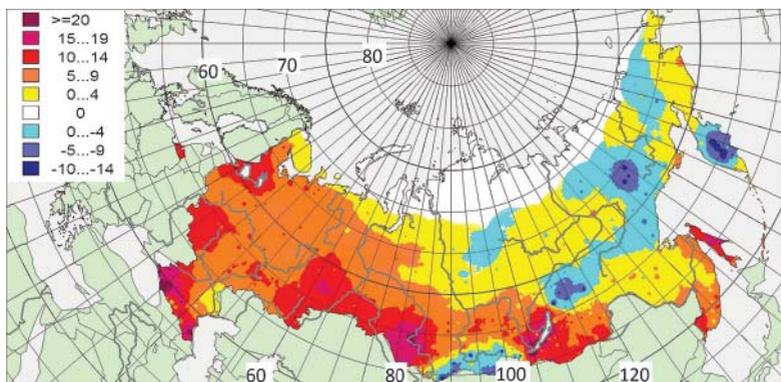


Рис. 1. Прогноз на 2011–2030 гг. изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. Мультимодельный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май – сентябрь

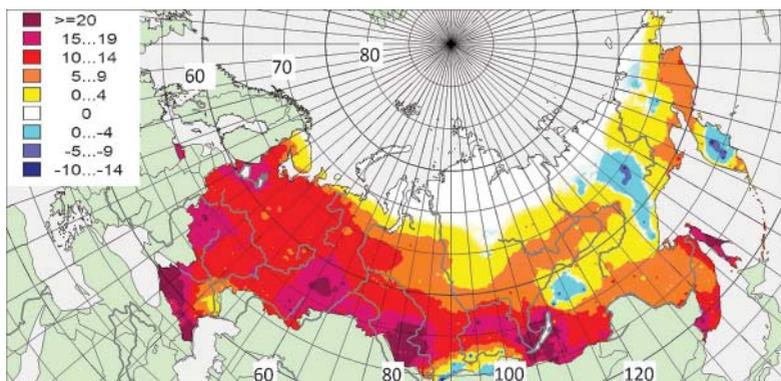


Рис. 2. Прогноз изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ на период потепления среднеглобальной температуры воздуха на 2°C по сценарию RCP8.5 (2028–2047 гг.). Отклонения от нормы за 1981–2000 гг. Сезон май – сентябрь

В конце века по прогнозам ожидается увеличение числа пожароопасных дней на 20–29 дней и более на всей Европейской территории России, Западной Сибири, а также в средних широтах Восточной Сибири (рис. 4). На 30–50 дней число пожароопасных дней увеличится к концу века на юге и на западе ЕТР, а также на широтах $52\text{--}57^{\circ}$ с.ш. в Западной и Восточной Сибири (рис. 4).

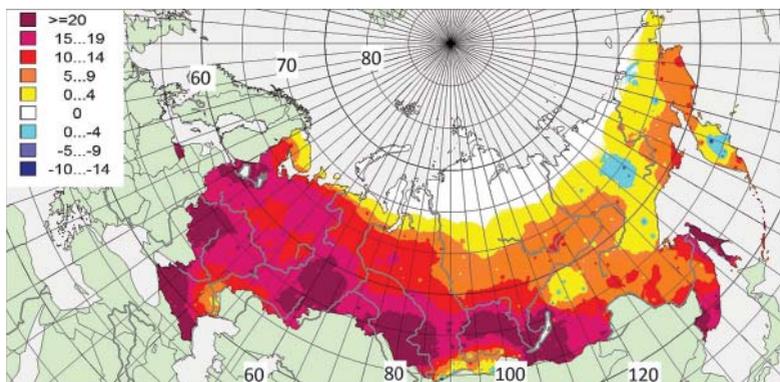


Рис. 3. Прогноз на 2041–2060 гг. изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. Мультимодельный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май–сентябрь

По мягкому сценарию к концу века число пожароопасных дней увеличится не так сильно (рис. 5), как при возможном жестком сценарии антропогенного воздействия на климат.

Увеличение составит 10–19 дней, в некоторых местах – более 20 дней.

На всех временных интервалах и при любом сценарии просматривается общая тенденция усиления в XXI веке роли метеорологических факторов, способствующих возникновению лесных пожаров почти во всех районах лесной зоны России.

По двум сценариям изменения климата показано, что различия между прогнозами пожарной опасности на первую половину XXI века не велики. А в конце века при мягком и жестком сценариях различия прогнозов изменения климата создают заметные различия в прогнозах опасности лесных пожаров.

В южных широтах России всегда норма числа пожароопасных дней больше, чем в других регионах, поэтому дополнительно была построена прогностическая карта относительных изменений числа пожароопасных дней за сезон в процентах от аналогичных значений в базовом периоде 1981–2000 гг. На рис. 6 показана прогностическая карта относительного изменения числа пожароопасных дней по сценарию RCP8.5 на период 2080–2099 гг.

На преобладающей части России относительное число пожароопасных дней по прогнозу увеличится на 20–40 %. В северной

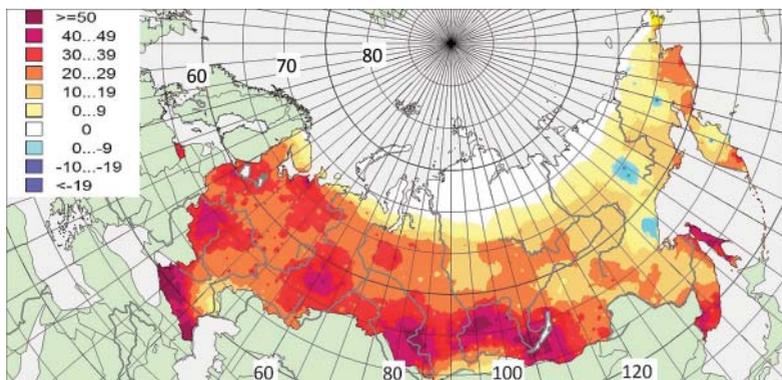


Рис. 4. Прогноз на 2080–2099 гг. изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. Мультимодельный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май–сентябрь

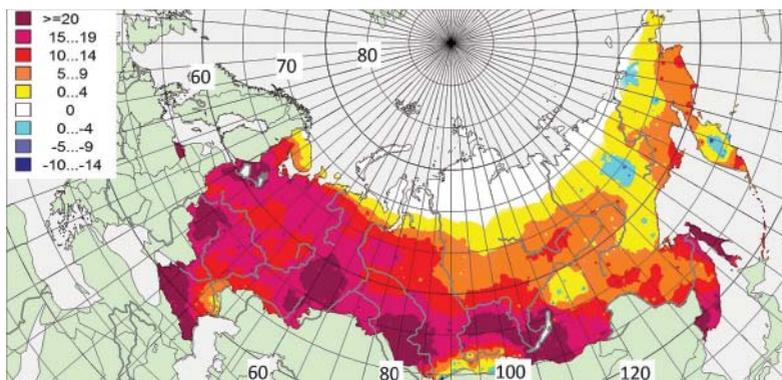


Рис. 5. Прогноз на 2080–2099 гг. изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. Мультимодельный прогноз климата, сценарий RCP4.5. Сезон май–сентябрь

половине Европейской территории России, в Западной Сибири, на юге Восточной Сибири и на Дальнем Востоке относительное число пожароопасных дней по прогнозу увеличится еще больше – на 40–50 %.

Ранее уже рассматривались соотношения между числом пожароопасных дней разного класса горимости и реальными лесными пожарами [6, 7], но тесной линейной зависимости обнаружено не было. Дополнительные исследования нелинейных

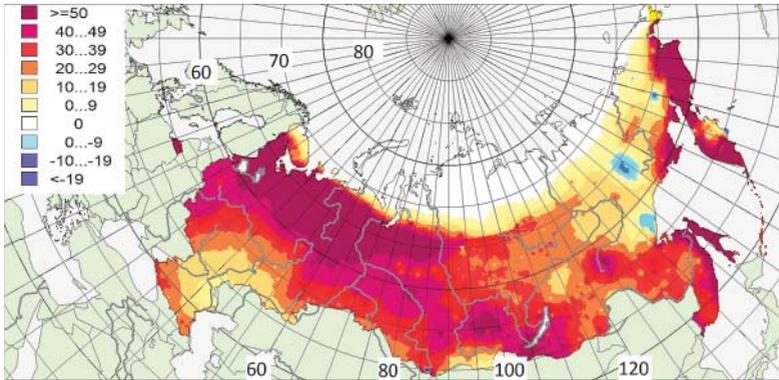


Рис. 6. Прогноз на 2080–2099 гг относительного (%) изменения числа дней с индексом В.Г. Нестерова $G > 1000$ по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. Мультимодельный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май–сентябрь

связей привели к выводу о том, что зависимость общей площади выгоревшего леса от числа пожароопасных дней за теплый сезон лучше описывается уравнением четвертой степени. Это позволило предложить индекс площади лесных пожаров SQ в зависимости от лесной площади, пройденной пожарами:

$$SQ = \sqrt[4]{S}.$$

Такой индекс имеет хорошую линейную корреляцию с числом пожароопасных дней N за теплый сезон.

При подсчете числа пожароопасных дней за сезон использовался критерий $G > 1000$ по модифицированному индексу В.Г. Нестерова [6]. Число пожароопасных дней за весь пожароопасный сезон, например, в Москве может являться характеристикой потенциальной опасности лесных пожаров во всем Центральном федеральном округе (ЦФО). По данным [3] о площади выгоревших лесов за 1986–2004 годы вычислены погодичные значения индекса площади лесных пожаров в ЦФО. На рис. 7 показано изменение число пожароопасных дней N при $G > 1000$ за теплый сезон в Москве и индекс площади лесных пожаров SQ . Коэффициент линейной корреляции между ними $r = 0,81$ свидетельствует о большой тесноте связей.

Поле рассеяния такой зависимости можно оценить по рис. 8. Линейная зависимость описывает около 65 % общей изменчивости.

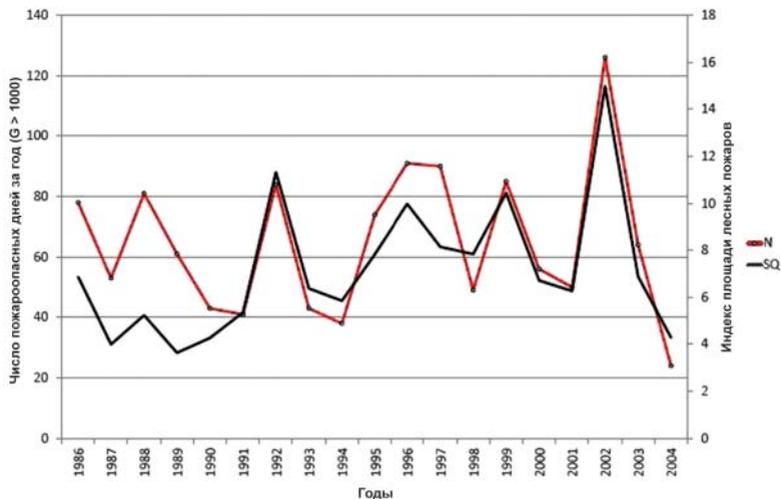


Рис. 7. Число пожароопасных дней N за теплый сезон в Москве и корень четвертой степени из лесной площади, пройденной пожарами в ЦФО

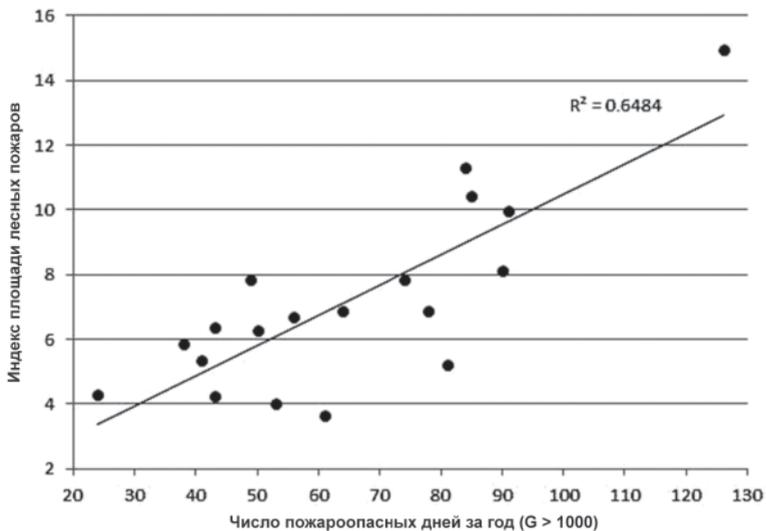


Рис. 8. Зависимость индекса лесной площади, пройденной пожарами, от числа пожароопасных дней по индексу В. Г. Нестерова

Получено уравнение регрессии индекса площади Sq от числа опасных дней N :

$$Sq = 0,6349 N + 15,3636. \quad (2)$$

Тогда оценкой площади выгоревшего леса будет

$$S = (Sq)^4 \text{ (га)}. \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) позволяют количественно оценивать площади возможного выгорания леса по данным метеорологических наблюдений.

Четвертая степень в формуле (3) имеет логическое объяснение. При постоянной скорости горения леса и равномерного продвижения фронта лесного пожара во все стороны выгоревшая площадь была бы в квадратичной зависимости от пути, пройденного огнем от центра до фронта. Но при лесном пожаре возникает интенсивное тепловыделение, количество тепла которого возрастает с увеличением площади поверхности, охваченной огнем. Выделяющееся при лесном пожаре тепло приводит к новым возгораниям леса на значительных расстояниях за счет излучения тепла. Чем мощнее пожар и выше температура горения, тем больше передается тепла этим способом. Процесс горения разгоняется положительной обратной связью, которая увеличивает до четвертой степени зависимость площади выгорания от продолжительности периода с пожароопасными погодными условиями (3).

Аналогичный механизм формирования скорости горения леса и увеличения площади лесных пожаров должен работать и в других районах России при наличии там необходимых условий для горения. Это дает возможность прогнозировать площади лесных пожаров на последующие годы в связи с ожидаемыми изменениями климата и числом прогнозируемых пожароопасных дней в году.

Как было показано выше, по модельным прогнозам в связи с ожидаемыми изменениями температуры и количества осадков к концу XXI века число пожароопасных дней во многих регионах России возрастет на 20–40 % и более. Если число пожароопасных дней увеличится на 40 %, то в Центральном регионе период пожароопасных дней увеличится до 77 дней при норме 55 дней за 1981–2000 гг.

В уравнение регрессии (2) подставляем значение $N = 77$ и вычисляем прогностическое значение индекса Sq площади лесных пожаров к концу XXI века. В ЦФО ожидается значение индекса площади $SQ = 9,69472$. По уравнению (3) вычисляем лесную

площадь пожаров в Центральном регионе к концу текущего века. По расчетам площадь пожаров составит около 8834 га при современной норме 3970,1 га, т. е. к концу XXI века площадь пожаров по прогнозу возрастет примерно в 2 раза.

Дискуссия

Можно предположить, что подобные соотношения отражают основные физические особенности метеорологической обусловленности возникновения и распространения огня в лесу при прочих равных условиях. Если предположение не сильно отличается от реальности, то и в других регионах России на основе индекса В.Г. Нестерова и эмпирических соотношений можно прогнозировать площади лесных пожаров в зависимости от метеорологических условий. Абсолютные значения площадей не столь важны, главный вывод заключается в том, что если считать достоверными модельные прогнозы температуры воздуха и количества атмосферных осадков до конца текущего столетия, то нас ожидает непропорциональный рост количества лесных пожаров, размеров площадей выгоревшего леса, а также негативные экономические и экологические последствия.

Если появятся новые прогностические оценки изменения климата на текущее столетие, то прогнозы ожидаемых площадей лесных пожаров необходимо будет пересчитать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катцов В. М., Говоркова В. А. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в 21-м веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (СМIP5)» // Труды ГГО. 2013. Т. 569. С. 75–97.
2. Шерстюков Б. Г. Количественные оценки метеорологических факторов горимости леса // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 177. С. 149–159.
3. Думнов А. Д., Максимов Ю. И., Роцупкина Ю. В., Аксенова О. А. Лесные пожары в Российской Федерации (статистический справочник) / Под редакцией А. Д. Думнова и Н. Г. Рыбальского. М.: НИИ-Природа, 2005. 229 с.
4. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. М.: Гидрометеоздат, 1975. 15 с.
5. Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. ГОСТ Р 22.1.09-99. ОКС 13.020, ОКСТУ 002. Дата введения 01.01.2000. 13 с.
6. Шерстюков Б. Г., Шерстюков А. Б. Климатические условия потенциальной горимости леса в России в XX и XXI веках // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 173. С. 137–151.
7. Шерстюков Б. Г. Лесные пожары, как метеообусловленное явление // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 326–357.

УДК 551.583:551.345

ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВОГРУНТОВ ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ РОССИИ

А. Б. Шерстюков

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

Введение

Глобальное изменение климата сопровождается изменениями климата России [1]. С середины 1960-х годов в России преимущественно отмечается потепление климата [2]. Повышение температуры воздуха оказывает влияние на состояние почвогрунтов в зоне многолетней мерзлоты России.

Зона многолетней мерзлоты занимает более 65 % территории России [3] и охватывает значительную часть Сибири и Дальнего Востока. В пределах криолитозоны России сосредоточено более 30 % разведанных запасов всей нефти страны, около 60 % природного газа. Здесь создана дорогостоящая и уязвимая инфраструктура: нефтегазопромысловые объекты, магистральные нефте- и газопроводы протяженностью в тысячи километров [3].

Изменение состояния грунтов влияет на инженерно-технические сооружения, окружающую среду [4] и хозяйственную деятельность человека.

Из публикаций известно, что с начала XXI века глобальное потепление климата замедлилось [5–7]. В [8] отмечается, что преобладающее в Северном полушарии потепление климата 1976–1998 гг. сменилось тенденцией к похолоданию. Отрицательные тренды температуры $-1,0$ и $-2,0$ °C/10 лет наблюдаются в Западной Сибири.

Была поставлена задача – по данным инструментальных наблюдений за температурой почвогрунтов на метеорологических станциях России за последние пять десятилетий (период с 1963 по 2011 г.) получить оценки изменения температуры почвогрунтов на глубинах до 320 см с детализацией по территории многолетней

мерзлоты России и определить, сохранились ли тенденции изменения температуры почвогрунтов в последнее десятилетие в связи с замедлением потепления климата.

Исходные данные и методика исследований

Для исследования этой проблемы:

1. Подготовлен массив суточных значений температуры почвы на глубинах до 320 см по метеорологическим станциям Российской Федерации. Период наблюдений на станциях различен, самый ранний год в массиве – 1963, заканчивается текущая версия массива 2011 годом.

В массиве содержатся данные о температуре почвы под естественным покровом на глубинах 2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240, 320 см по 660 станциям России, 458 из которых являются станциями международного обмена (рис. 1).

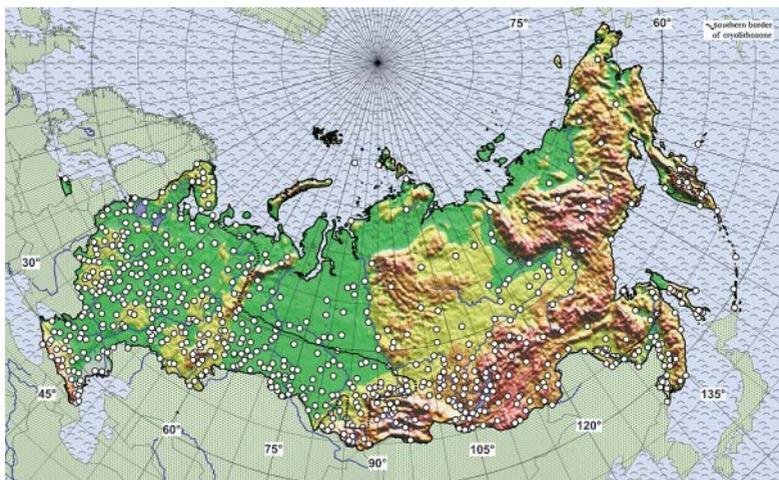


Рис. 1. Сеть станций международного обмена с ежедневными данными о температуре почвогрунтов под естественным покровом на территории России (458 станций)

При создании массива проводился контроль качества исходных данных.

Первая версия массива с данными до 2008 года была подготовлена автором в отделе климатологии ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в 2010 году. В настоящей версии массива применены

доработанные авторские методы контроля, ряды наблюдений по станциям продлены до 2011 года включительно. Текущая версия массива данных подготовлена в лаборатории исследования последствий изменения климата ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Подробное описание массива, методы контроля качества и сами данные можно найти на сайте ВНИИГМИ-МЦД по адресу: <http://www.meteo.ru/data/164-soil-temperature>. Также описание предыдущей версии массива представлено в [9, 10].

2. Создан массив расчетной глубины протаивания по метеорологическим станциям Российской Федерации до 2011 года. В массиве содержатся погодичные данные о глубине протаивания почвы по 107 станциям РФ в зоне многолетней мерзлоты (рис. 2). Массив расчетной глубины протаивания создан с использованием интерполяции и экстраполяции данных из массива суточных значений температуры почвы на глубинах до 320 см.

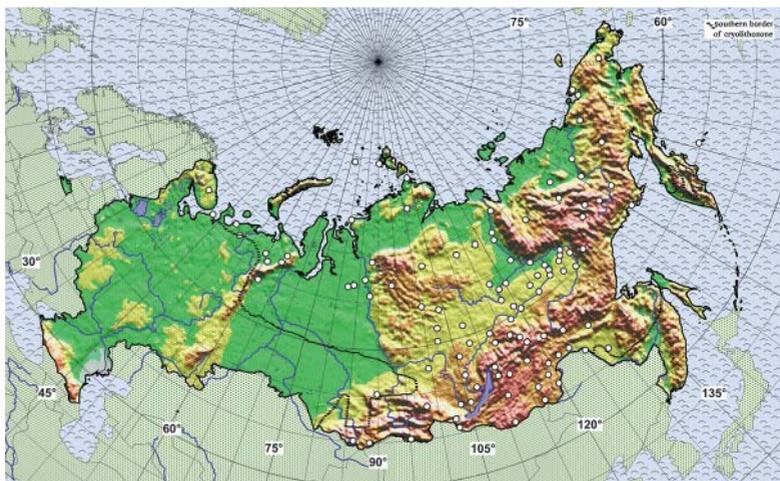


Рис. 2. Сеть станций международного обмена с данными о расчетной глубине протаивания по метеорологическим станциям Российской Федерации (107 станций)

Известно, что волны тепла распространяются от поверхности почвогрунтов на глубины по экспоненциальной зависимости [11]. Для определения глубины протаивания определяются максимумы температуры почвы за каждый год с 1963 по 2011 г. для всех глубин. По выбранным на каждой глубине максимумам

температур почвогрунтов, используя логарифмическую интерполяцию, определяется максимальная глубина протаивания в каждом году. Графически это можно представить как глубину, на которой логарифмическая аппроксимация максимумов температур принимает нулевое значение. Следует помнить, что вычисленная таким способом сезонная глубина протаивания является расчетной величиной и не может заменить данные натуральных наблюдений.

Для интерполяции используются данные по температуре почвы по всем имеющимся наблюдениям на глубинах, т.е. от 2 до 320 см. Но наблюдения далеко не всегда проводились на всех двенадцати глубинах, указанных выше. Наибольшее количество данных сосредоточено для глубин 80, 160 и 320 см. Для предотвращения появления грубых ошибок экстраполяция проводится только до глубины 400 см. Если расчетное значение глубины протаивания превышает 400 см, то устанавливается константа отсутствия глубины протаивания 9999, означающая, что вычислить ее не удалось.

Результаты

Реакция криолитозоны на изменения климата связана с проникновением колебаний температуры воздуха в почвогрунты и последующим изменением температурного поля криолитозоны [12, 13].

Среднегодовая температура почвогрунтов и мощность сезонно-талого (сезонно-мерзлого) слоя пород наиболее часто становятся объектами геокриологического мониторинга. Эти характеристики отражают направленность развития многолетней мерзлоты, поэтому далее они рассматриваются более подробно.

Главной характеристикой термического состояния мерзлоты является среднегодовая температура почвогрунтов, а ее многолетние изменения могут служить характеристикой изменений состояния мерзлоты [14]. Многолетнее изменение термического состояния почвогрунтов оценивалось величиной линейного тренда среднегодовой температуры за 1963–2010 гг. в пересчете на 10 лет ($^{\circ}\text{C}/10$ лет).

На основе массива суточных значений температуры почвогрунтов проведено исследование, которое показало потепление почвогрунтов на обширной территории России за период 1963–2010 гг. на глубине 320 см, при этом статистически достоверные тренды

(0,2–0,4 °C/10 лет) повышения среднегодовой температуры почвогрунтов обнаружены на территории европейской части России, в Западной и Восточной Сибири. Причем наибольшие тренды (0,4–0,5 °C/10 лет) сосредоточены в их южной части – в междуречье верховий Оби и Енисея, а также на отдельных станциях бассейнов рек Ангара и Вилюй и в долине реки Амур (рис. 3).

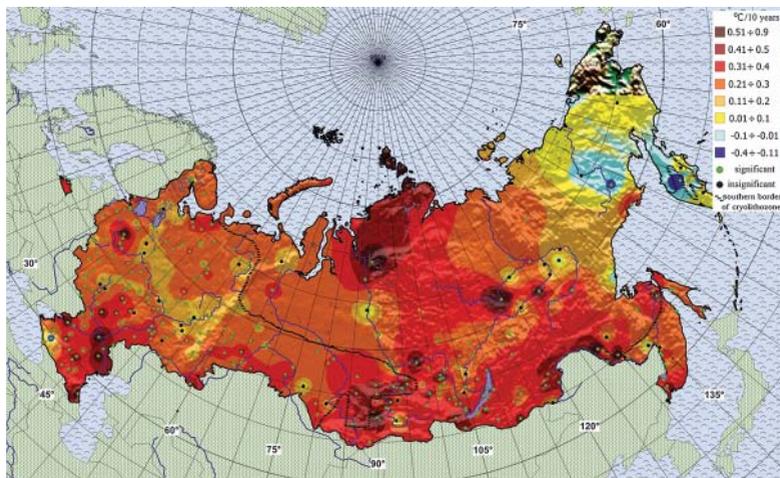


Рис. 3. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда (°C/10 лет) среднегодовой температуры почвогрунтов на глубине 320 см за 1963–2010 гг.

Повышение температуры создает благоприятные условия для увеличения глубины сезонного протаивания в зоне многолетней мерзлоты, особенно в ее южной части, но это сопровождается негативными последствиями в инфраструктуре и хозяйственной деятельности человека.

Данные мониторинга глубин сезонного протаивания неоднократно анализировались [15–18], особенно подробный анализ выполнен для регионов Западной Сибири. Результаты этого анализа убедительно показывают, что с конца XX века в Западной Сибири происходит повышение температуры многолетнемерзлых почвогрунтов и наблюдается слабое увеличение глубин сезонного протаивания [19].

Глубины сезонного промерзания и протаивания являются важнейшими характеристиками при строительстве фундаментов всех сооружений. Особое значение глубина сезонного протаивания

приобретает в зоне мерзлоты со специфическими особенностями почвогрунтов, зависящими от климата [14].

В настоящей работе на основе массива расчетной глубины протаивания оценивалось многолетнее изменение сезонной глубины протаивания при помощи линейного тренда (см/год) за 1963–2010 гг. (рис. 4). В целом для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока характерен положительный тренд роста глубины протаивания в пределах 1 см/год. На этом фоне в Якутии встречаются очаги наибольших достоверных положительных трендов (3–4 см/год), вероятно, вызванных не только климатическими факторами, но и хозяйственной деятельностью человека (тепловые воздействия зданий, сооружений, подземных коммуникаций и т. п. на многолетнемерзлые почвогрунты).

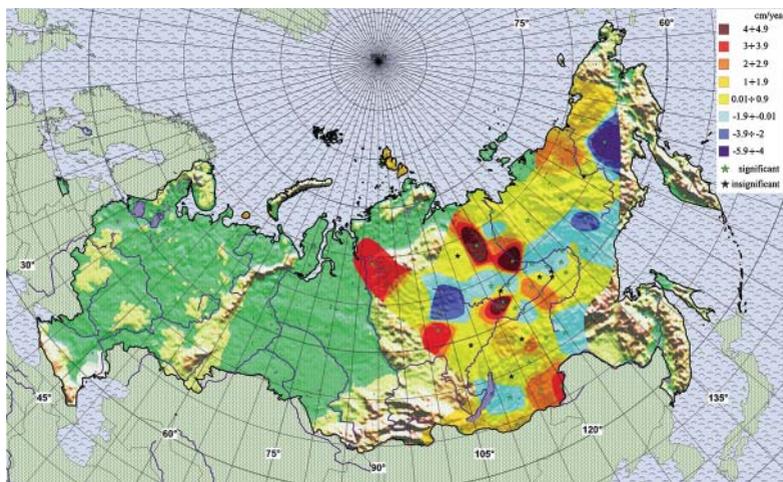


Рис. 4. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда (см/год) сезонной глубины протаивания многолетнемерзлых почвогрунтов за период 1963–2010 гг.

В связи с замедлением в начале XXI века глобального потепления климата проведены дополнительные исследования изменения температуры почвогрунтов за период 2001–2011 гг. При этом получено, что обнаруженные ранее на всем интервале лет 1963–2010 гг. положительные тренды температуры почвогрунтов на юге и юго-востоке Западной Сибири сменились в последней декаде лет на отрицательные тренды ($-0,2 \div -0,6$ °C/10 лет) (рис. 5).

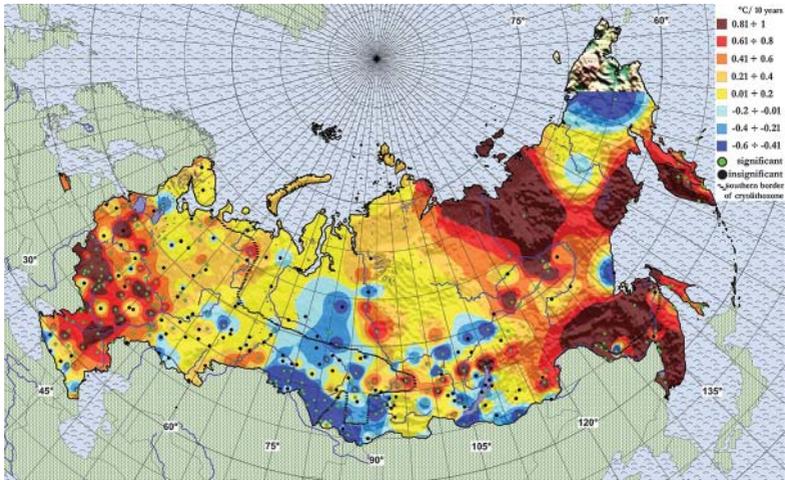


Рис. 5. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) среднегодовой температуры почвогрунтов на глубине 320 см за 2001–2011 гг.

Однако в Якутии, Забайкалье и Приморье, напротив, положительные тренды существенно усилились и достигли значений в пределах от 0,4 до 1 $^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Для исследования региона с достоверными отрицательными трендами на юго-востоке Западной Сибири дополнительно получен осредненный по району многолетний ряд аномалий температуры почвы на глубине 320 см (аномалии от норм за 1971–2000 гг.). Анализ данных показал, что в этом регионе наиболее интенсивное понижение температуры почвогрунтов наблюдается с 2007 года (рис. 6).

Тенденция изменения глубины протаивания также претерпела изменения в начале XXI века. Исследование трендов сезонной глубины протаивания почвогрунтов за период 2001–2011 гг. показало, что за последнее время тренд увеличения глубины протаивания преимущественно усилился и находится в пределах от 1 до 3 см/год. На территории Среднесибирского плоскогорья (Якутия) и Станового нагорья на обширных участках обнаружены положительные тренды протаивания 4–5 см/год (рис. 7). Эта тенденция согласуется с увеличением трендов среднегодовой температуры почвогрунтов за 2001–2011 гг. в тех же районах (рис. 5).

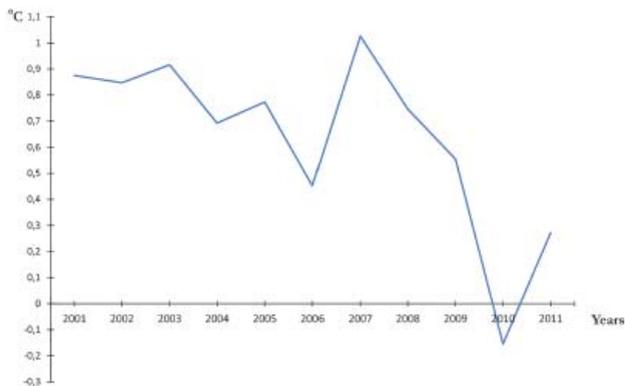


Рис. 6. Аномалии температуры почвы на глубине 320 см, усредненные по станциям юго-восточной части Западной Сибири со значимыми отрицательными трендами. Период норм – 1971–2000 гг.

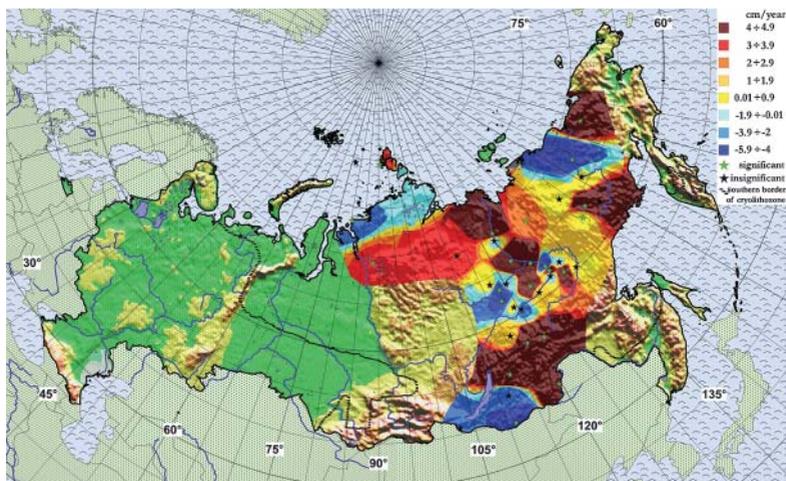


Рис. 7. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда (см/год) сезонной глубины протаивания многолетнемерзлых почвогрунтов за период 2001–2011 гг.

Однако за этот же интервал лет в Центральной Якутии, южнее озера Байкал и вблизи устья р. Колыма, на карте (рис. 7) видны очаги с достоверными отрицательными трендами.

Заключение

1. По данным о температуре почвогрунтов на территории России на глубинах до 320 см за последние 40–50 лет показано потепление на обширной территории. При этом максимальные тренды потепления почвогрунтов на глубине 320 см обнаружены на территории южной половины Западной и Восточной Сибири.

2. Последствиями современных изменений климата является общая тенденция увеличения глубины сезонного протаивания почвогрунтов на обширной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока за период 1963–2010 гг.

3. На территории Среднесибирского плоскогорья (Якутия) и Станового нагорья в начале XXI века положительные тренды температуры почвогрунтов и глубины сезонного протаивания преимущественно усилились. Однако в те же годы на юге Западной Сибири вблизи южной границы криолитозоны наметилась тенденция понижения температуры почвогрунтов и произошло уменьшение глубины протаивания в некоторых районах Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №11-05-00691).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин Ю. А., Величко А. А., Демченко П. Ф. и др. Россия в условиях глобальных изменений окружающей среды и климата. М.: ИСА РАН, 1993. 49 с.
2. Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А. Эволюция криолитозоны при современных изменениях глобального климата // Метеорология и гидрология. 2002. № 1. С. 22–34.
3. Павлов А. В., Гравис Г. Ф. Вечная мерзлота и современный климат // Природа. 2000. № 4. С. 10–18.
4. Демченко П. Ф., Величко А. А., Голицын Г. С., Елисеев А. В., Нечаев В. П. Судьба вечной мерзлоты: взгляд из прошлого в будущее // Природа. 2001. № 11. С. 43.
5. Recent pause in global warming // Papers of Met Office, 2013, <http://www.metoffice.gov.uk>, Exeter, United Kingdom. 22 p.
6. Murphy D.M., Solomon S., Portmann R.W., Rosenlof K.H., Forster P.M., Wong T. An observationally based energy balance for the Earth since 1950 // J. of Geophys. Res. 2009. V. 114.
7. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
8. Шерстоков Б. Г., Салугашвили Р. С. Новые тенденции в изменениях климата Северного полушария Земли в последнее десятилетие // Труды ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. Вып. 175. С. 43–51.

9. *Шерстюков А. Б.* Массив суточных данных о температуре почвогрунтов на глубинах до 320 см по метеорологическим станциям Российской Федерации // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. Вып. 176. С. 233–256.

10. *Шерстюков А. Б.* Статистический контроль массива суточных данных температуры почвогрунтов // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. Вып. 176. С. 224–232.

11. *Кудрявцев В. А.* Мерзлотоведение. М.: МГУ, 1981. 240 с.

12. *Фотиев С. М.* Возможные изменения геотемпературного поля криогенной области России при глобальном потеплении климата // Криосфера Земли. 2000. Т. 4, № 3. С. 14–29.

13. *Конищев В. Н.* Реакция вечной мерзлоты на потепление климата // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 2009. № 4. С. 10–20.

14. *Шерстюков А. Б.* Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России // Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2009. 127 с.

15. *Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А.* Анализ современных и ожидаемых в будущем изменений климата и криолитозоны в северных регионах России // Метеорология и гидрология. 1999. № 1. С. 18–26.

16. *Павлов А. В., Ананьева Г. В., Дроздов Д. С. и др.* Мониторинг сезонно-талого слоя и температуры мерзлого грунта на Севере России // Криосфера Земли. 2002. Т. VI, № 4. С. 30–39.

17. *Павлов А. В., Скачков Ю. Б., Какунов Н. Б.* Взаимосвязь между многолетними изменениями глубины сезонного протаивания грунтов и метеорологическими факторами // Криосфера Земли, 2004. Т. VIII, № 4. С. 3–11.

18. *Romanovsky V. E., Osterkamp T. E.* Permafrost: changes and impacts // Permafrost response on economic development, environmental security and natural resources. Dordrecht, Kluwer Acad. Publ. 2001. P. 297–315.

19. *Малевский-Малевиц С. П., Молькентин Е. К., Надежина Е. Д., Павлова Т. В., Семиошина А. А.* Моделирование и анализ возможностей экспериментальной проверки эволюции термического состояния многолетнемерзлых грунтов // Криосфера Земли. 2007. Т. XI, № 1. С. 29–36.

УДК 551.558+551.465.7+550.3

ГЛОБАЛЬНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ФАКТОР ЕСТЕСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЕВРАЗИИ

Б. Г. Шерстюков¹, Р. С. Салугаишвили²

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

¹ boris@meteo.ru, ² ruslan@meteo.ru

Постановка вопроса

По данным мониторинга климата убедительно доказано, что в конце XX века произошло глобальное потепление [1], а модельные оценки показали реальность воздействия повышения концентрации CO₂ на глобальный климат [2]. При этом известно, что на антропогенную составляющую глобального потепления накладывается естественная составляющая – долгопериодные колебания [3], которые в отдельные годы и десятилетия приводили к временному похолоданию климата или к замедлению потепления. Существуют разные мнения по поводу относительной роли антропогенного и естественных факторов в изменении климата [4]. Естественными факторами колебаний климата атмосферы являются долгопериодные эндогенные (обусловленные внутренней динамикой) колебательные процессы в климатической системе и внешние факторы (колебания солнечной активности, геофизические и астрономические факторы).

В настоящей статье рассматриваются природные факторы, способные вызвать долгопериодные колебания температуры воздуха над континентами.

Внутренняя динамика климатической системы обусловлена прежде всего взаимодействиями атмосферы с океаном, в глубинных слоях которого возможны колебания длительностью от нескольких лет до столетий и тысячелетий. Естественно, что для таких колебаний в океане существуют свои как внутренние, так и внешние причины.

Из публикаций о воздействии океана на температуру воздуха на континентах наиболее полно известно о роли Атлантики в формировании климата Европы [5]. Первоначально ставилась задача выявления регионов в Северной Атлантике, ответственных

за колебания климата в Европе, с оценкой вклада естественных природных колебаний в изменения климата второй половины XX века. Но в ходе исследований были обнаружены синхронные колебания температуры воздуха в Европе с температурой поверхности океана не только в Атлантике, но и в очень отдаленных регионах Земли. Этим были обусловлены поиски глобального фактора, способного задавать синхронные колебания в разных частях Земли.

Исходные материалы и методы анализа

Использовались данные о температуре воздуха по глобальной сети метеорологических станций Земли (Северное и Южное полушария) и данные о температуре поверхности Мирового океана (ТПО) в узлах географической сетки (Северное и Южное полушария), а также данные о скорости вращения Земли (продолжительность суток).

Исследования выполнены на основе рядов среднегодовых значений температуры по 6 036 станциям мира, из них 1 401 станция – на территории России. По зарубежным станциям данные получены из NCDC (данные Global Historical Climatology Network – Monthly Dataset <https://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v3.php>). Ряды исходных данных имеют пропуски, часть из них удалось заполнить из другого источника (<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsoed> Federal climate complex global surface summary of day data version 7 (over 9 000 world wide stations)) на основе вычисленных среднемесячных значений температуры по данным массива суточных данных. Оказалось, что пропуски в данных в разных исходных массивах не всегда совпадают, поэтому совмещение данных соответственных станций позволило улучшить объединенный массив данных.

Данные по европейским станциям дополнены данными европейского проекта European Climate Assessment & Dataset <http://eca.knmi.nl/>, которые выгодно отличаются полнотой и качеством данных. По российским станциям использовались массивы, подготовленные на базе выборок из РСБД «Приземная метеорология» ВНИИГМИ-МЦД.

Таким образом, собраны все доступные данные по миру за историю наблюдений. В общий массив включены практически все действующие метеорологические станции России.

Привлекались данные об аномалиях температуры поверхности воды Мирового океана (ТПО) в узлах географической сетки $5 \times 5^\circ$ (данные получены из <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/ZonAnn.Ts+dSST.txt>).

Результаты

Принято считать, что океан двояко участвует в формировании регионального и глобального климата. Во-первых, он выступает как переносчик тепла из низких широт в высокие географические широты. Во-вторых, океан является стабилизатором, или демпфером, всех колебательных термических процессов в атмосфере. Малейшие изменения в механизме межширотного переноса тепла океаном сопровождаются перестройками атмосферной циркуляции и изменениями климата атмосферы на огромных территориях и изменениями климата Земли в целом. В трехмерном океане течения испытывают колебания во всех плоскостях с переменной интенсивностью. Огромная теплоемкость слоя взаимодействия океана с атмосферой всегда определяет доминирование океана над атмосферой в их взаимодействии. Теплообмен океан–атмосфера является генератором долгопериодных колебаний температуры, влажности и скорости ветра в атмосфере.

Анализ начинался с поиска областей в океане, ответственных за колебания климата в Европе. Колебания климата даже в небольшой Европе имеют региональные различия, поэтому на территории Европы было выбрано два климатических района с однотипными колебаниями [6] – район умеренных широт Европейской территории России (ЕТР) и район в южной части ЕТР. По каждой станции на основе месячных данных были вычислены ряды аномалий среднегодовых значений. Для норм использовался период 1971–2000 гг. По всем станциям одного района были вычислены осредненные ряды аномалий среднегодовых значений температуры воздуха на интервале за 1960–2010 гг. По району умеренных широт ЕТР в осреднении использовались данные 371 станции. По району в южной части ЕТР в осреднении использовались данные 146 станций. За тот же период привлекались данные о ТПО в узлах географической сетки.

Вычислялись коэффициенты корреляции между осредненным рядом температуры воздуха в выбранном районе умеренных широт ЕТР с каждым отдельным рядом ТПО в узлах сетки. На рис. 1 показана карта коэффициентов корреляции колебаний климата в анализируемом районе Европы с температурой поверхности океана в разных узлах географической сетки. Статистически значимыми на 95 %-ном уровне являются коэффициенты корреляции от 0,2.

Из рис. 1 видно, что колебания температуры воздуха в умеренных широтах ЕТР имеют наилучшую корреляцию с ТПО в

области Гольфстрима в районе Азорских островов и в Тихом океане в районах Пассатного и Северо-Тихоокеанского течений.

Для более южного района ЕТР обнаруживается также высокая корреляция температуры воздуха с ТПО в районе Азорских островов и наблюдается усиление корреляции с ТПО более южных районов Атлантического океана – район Пассатного океанического течения (рис. 2). При этом наибольшие корреляции приходятся на районы пересечения морскими течениями подводных хребтов в Атлантическом океане.

Кроме того, на рис. 2 видно, что температура воздуха в южной части Европы имеет такие же высокие коэффициенты корреляции с ТПО в Тихом океане и в районах Пассатного и Северо-Тихоокеанского течений.

О том, что колебания температуры воздуха в Европе зависят о температуры поверхности Атлантики, хорошо известно из многочисленных публикаций. Температура воздуха над Атлантикой находится в тесной зависимости от ТПО в Атлантике. Вместе с западно-восточным переносом воздушных потоков тепло (холод) Атлантики переносится на Европу. Подобного прямого воздействия ТПО Тихого океана на температуру воздуха в Европе не может быть по причине огромных расстояний и особенностей общей циркуляции атмосферы. Остается предположить, что высокие корреляции между ТПО Тихого океана и температурой воздуха в Европе объясняется наличием некоторого глобального фактора, одновременно создающего аналогичные возмущения в океанических течениях в разных океанах. Атлантика непосредственно передает возмущения ТПО в температуру воздуха Европы, а колебания ТПО Тихого океана с температурой воздух Европы имеют статистическую связь, но не имеют прямого взаимодействия.

Наиболее известным природным глобальным фактором воздействия на климатическую систему является неравномерность вращения Земли. Поэтому следующим шагом исследования был анализ корреляций ТПО и воздуха в узлах глобальной географической сетки с изменениями скорости вращения Земли.

На рис. 3 и 4 показано распределение коэффициентов корреляции между скоростью вращения Земли, с одной стороны, и ТПО и температуры воздуха над континентами в узлах географической сетки – с другой за 1880–2010 и 1976–2010 гг. соответственно.

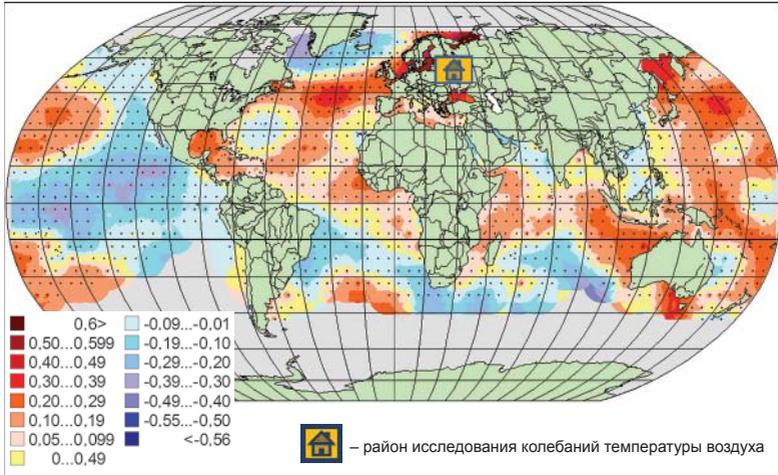


Рис. 1. Коэффициенты корреляции колебаний температуры воздуха в умеренных широтах ЕТР с ТПО за 1960–2010 гг.

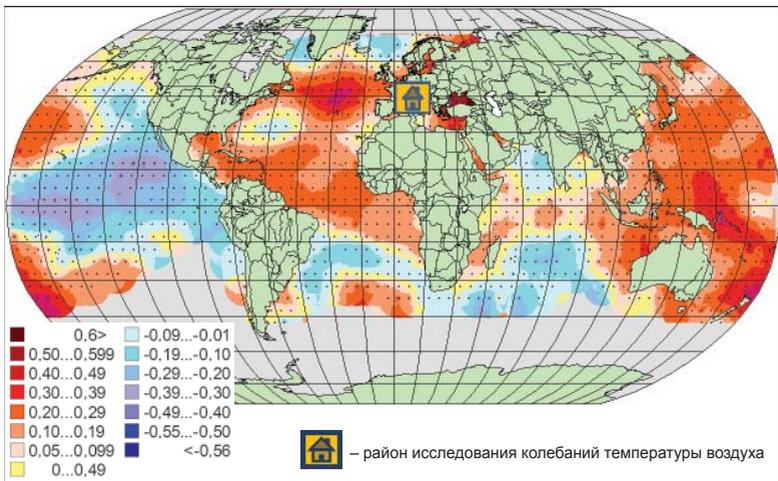


Рис. 2. Коэффициенты корреляции колебаний температуры воздуха в южной части ЕТР с ТПО за 1960–2010 гг.

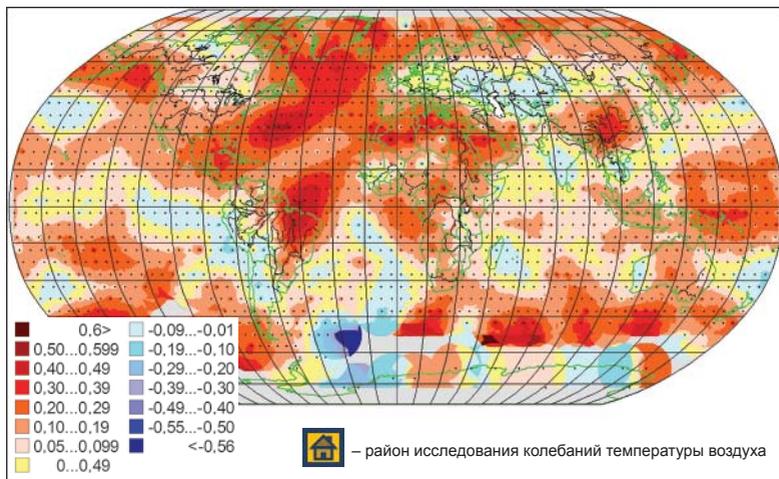


Рис. 3. Коэффициенты корреляции ТПО и температуры воздуха над континентами в узлах географической сетки со скоростью вращения Земли за 1880–2010 гг.

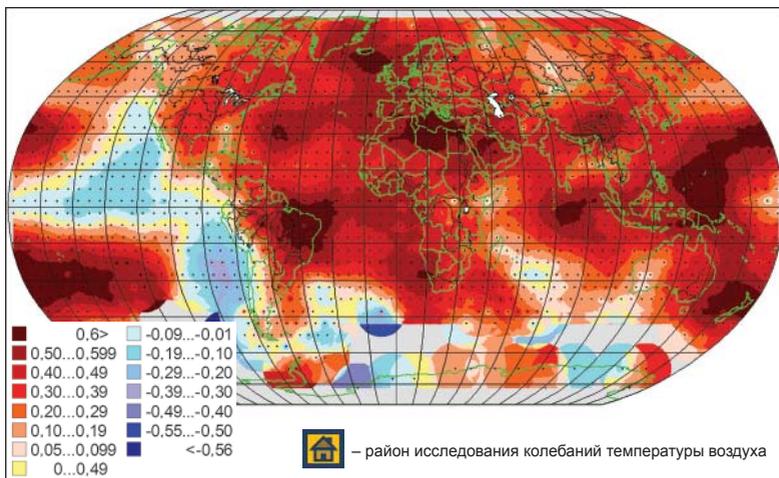


Рис. 4. Коэффициенты корреляции ТПО и температуры воздуха над континентами в узлах географической сетки со скоростью вращения Земли за 1976–2010 гг.

Статистически значимыми на 95 %-ном уровне являются коэффициенты корреляции от 0,2 для рис. 3 и от 0,3 для рис. 4.

На картах рис. 3 и 4 видно, что корреляции выше с ТПО по сравнению температурой воздуха над континентами. Наибольшие коэффициенты корреляции приходятся на районы пересечения морскими течениями подводных хребтов в Атлантическом и Тихом океанах.

На период лет, начиная с 1976 года, приходится второе глобальное потепление. Принципиальных отличий нет в распределении очагов наибольших коэффициентов корреляций. Это означает, что на период лет, которому приписывается антропогенная природа изменения климата, температурный режим поверхности океана не теряет связи с изменениями скорости вращения Земли.

Значимые коэффициенты корреляции ($r > 0,4$) между скоростью вращения Земли и ТПО обнаружены в узлах географической сетки по линиям морских течений (Североатлантическое, северные и южные пассаты Атлантического и Тихого океанов, Куроисио). Наибольшие значения коэффициентов корреляции обнаружены в местах пересечения морскими течениями подводных хребтов и гряд островов. Преимущественно это те самые узлы, в которых ранее были обнаружены высокие корреляции колебаний ТПО с колебаниями климата Европы. Возникает вопрос, что происходит в океане при изменениях скорости вращения Земли? В [7] показано, что при изменении скорости вращения Земли происходит изменение индекса инерционности верхнего слоя перемешивания океана, следовательно, происходит изменение толщины верхнего слоя перемешивания океана (объема воды), участвующего в теплообмене с поверхностью океана. Изменение толщины слоя перемешивания приводит к изменению поверхностной температуры.

Гипотеза. Изменения скорости вращения Земли сопровождаются изменениями в скорости морских течений на всей Земле одновременно. В местах естественных препятствий на их пути возникают вертикальные возмущения, которые изменяют толщину верхнего слоя перемешивания и ТПО. Глобальный фактор – изменение скорости вращения Земли – одновременно создает независимые между собой возмущения в разных частях Мирового океана. Так возникают дальние статистические связи климата Европы и ТПО Мирового океана. А реальную физическую связь

можно признать между климатом Европы и ТПО в области Гольф-стрима, модулируемую изменениями скорости вращения Земли.

Исследования связей колебаний температуры воздуха в других регионах Евразии с колебаниями ТПО в узлах сетки Мирового океана подтверждают закономерности, описанные для двух европейских районов.

Если гипотеза верна, тогда следует считать, что одной из составляющих колебаний климата над континентами являются колебания, возникающие от переноса на континент переменных потоков тепла или холода из океана, преимущественно из районов, в которых океанические течения пересекают Срединный подводный хребет в Атлантике или другие препятствия в Мировом океане. В районах подводных препятствий и гряд островов свободный поток океанического течения нарушается препятствием. При неизменной скорости течения существуют некоторые сложившиеся соотношения в термическом взаимодействии атмосферы и океана. Изменение скорости вращения Земли неизбежно сопровождается компенсационными изменениями в океанической циркуляции. Подобный же компенсационный эффект наблюдается и в изменениях атмосферной циркуляции, он убедительно доказан в работах Н. С. Сидоренкова [8].

Аналогичные процессы происходят во всех океанах в тех местах, где течения имеют препятствия в виде подводных хребтов и гряд островов.

Изменения океанической циркуляции в свободном океане должны проявляться в изменениях скорости океанических течений в направлении запад-восток или обратно. Эти изменения незначительны и не могут быть зафиксированы при современном уровне наблюдательных систем.

Препятствия на пути океанических течений даже при мало-заметных изменениях скорости течений создают условия для нарушения сложившегося режима вертикального перемешивания океана вблизи подводных препятствий. Нарушение перемешивания – это изменение глубины перемешивания и, как следствие, изменение ТПО вблизи препятствия. В свободном океане эффект изменения глубины перемешивания не возникает при изменениях скорости океанического течения.

Впервые о связи колебаний климата с толщиной верхнего слоя перемешивания сообщалось в [9], а о зависимости инерционности

атмосферных температурных изменений от изменений скорости вращения Земли – в [10]. Теперь эти результаты получили подтверждение и дальнейшее развитие. Оказалось, что важную роль в формировании обнаруженных корреляций между климатом на континенте и скоростью вращения Земли играют океанические течения в местах пересечения ими подводных препятствий.

Теплоемкость верхних нескольких метров океана превышает теплоемкость всей атмосферы, а толщина верхнего слоя перемешивания составляет сотни метров, поэтому сложившийся климат на континентах во многом зависит от стабилизирующего действия океана и потоков тепла из него.

Изменения ТПО чаще рассматривают как следствие термодинамического воздействия барических образований атмосферы на океан. Но воздействие атмосферы на океан распространяется на глубину нескольких метров или нескольких десятков метров, а толщина слоя перемешивания, которая определяет количество тепла, участвующее в теплообмене океан–атмосфера, составляет сотни метров и иногда – более километра. Поэтому межгодовые колебания потоков тепла океан–атмосфера скорее являются следствием глубинных процессов в океане, при этом ТПО является индикатором этих процессов.

Итак, вариации скорости вращения Земли сопровождаются компенсационными изменениями скорости океанических течений. Изменение скорости течений вблизи подводных препятствий сопровождается нарушением сложившегося режима вертикальной циркуляции и изменением толщины верхнего слоя перемешивания океана, а объем и температура верхнего слоя определяют потоки тепла океан–атмосфера и температуру атмосферы над океаном в районе пересечения океанического течения с подводным препятствием. Далее через западно-восточный перенос волны тепла и холода традиционным образом доходят до континентов. Смена воздушных масс сопровождается изменениями температура воздуха над континентами.

Приведенные результаты и предложенная гипотеза не противоречат известным представлениям о многофакторности климатической системы и рассматривать их можно только как один из возможных вариантов описания одной из составляющих природных колебаний климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Climate change 2007. The physical science basis. Working group I «Contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change».* – Cambridge University press. Cambridge, United Kingdom and New York, 2007. 996 p.
2. *МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Р.К. Пачаури, А. Райзингер и др. МГЭИК. Женева, Швейцария. 104 с.*
3. *Кононова Н.К. Потепление или колебание климата? / Н.К. Кононова // Экология и жизнь. 2011. № 11. С. 42–45.*
4. *Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85).*
5. *Попова В.В., Шмакин А.Б. Влияние Североатлантического колебания на многолетний гидротермический режим Северной Евразии. I. Статистический анализ данных наблюдений // Метеорология и гидрология. 2003. № 5. С. 62–74.*
6. *Салугашвили Р.С. Климатические районы на территории Евразии в зоне влияния Северной Атлантики // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2012. Вып. 176. С. 53–72.*
7. *Шерстюков Б.Г. Многолетние изменения толщины слоя взаимодействия океана с атмосферой и изменения климата (настоящий сборник).*
8. *Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометеониздат, 2002. 366 с.*
9. *Шерстюков Б.Г. Тепловая инерция океана и парниковый эффект в современных изменениях климата // Метеорология и гидрология. 2006. № 7. С. 66–72.*
10. *Шерстюков Б.Г. Тепловая инерция океана и парниковый эффект в современных изменениях климата // Метеорология и гидрология. 2006. № 7. С. 66–72.*

УДК 001.893:551.5

ПЕРВЫЙ ОПЫТ АНАЛИЗА ВОЗМОЖНЫХ ЗАИМСТВОВАНИЙ В ПУБЛИКАЦИЯХ И ОТЧЕТАХ НИОКР В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

А. А. Кузнецов¹, М. Т. Казаринова²

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

¹ kuznet@meteo.ru, ² infor@meteo.ru

Введение

Развитие сети Интернет и насыщение ее разнообразными информационными ресурсами создает условия для широкого и свободного распространения информации. Однако одним из отрицательных аспектов этого процесса является недобросовестное заимствование текстов (плагиат), в том числе в научных и научно-технических документах. Поэтому объективно возникает необходимость в проверке публикуемых документов на оригинальность или, иными словами, на отсутствие плагиата.

Анализ научно-технических документов на заимствование и выявление фактов плагиата может стать важным процессом, способным повлиять на качество научных исследований, а формирование полномасштабной базы электронных документов в области гидрометеорологии создает возможность для проведения полноценных работ в этом направлении.

В настоящее время в сети Интернет доступен целый ряд Web-сайтов (www.antiplagiat.ru, www.etxt.ru, www.copyscape.com, www.findcopy.ru, www.miratools.ru, www.istio.com), предоставляющих сервис анализа текста, вводимого клиентом, на наличие заимствований. Как правило, все сервисы осуществляют анализ путем сравнения текста документа клиента с базой документов, формируемой на основе открытых источников в сети Интернет. Однако невозможно создать базу документов, которая вобрала бы в себя все источники, доступные в Интернет. Поэтому все вышеуказанные сервисы имеют в этом плане ограничения и ориентированы в первую очередь на такие категории пользователей, как студенты и преподаватели вузов, заказчики контента для Web-сайтов. Существуют специализированные базы документов, например

база российских диссертаций в системе www.antiplagiat.ru, но доступ к таким базам предоставляется на платной основе. Поэтому для качественного решения проблемы выявления заимствований в области гидрометеорологии прежде всего необходимо сформировать соответствующую базу электронных документов.

Единственной в настоящее время в России системой, предоставляющей пользователю возможность сформировать и загрузить собственную базу документов, например в области гидрометеорологии, является система «Антиплагиат», разработанная компанией Forecsys (<http://www.forecsys.ru/>) по заказу ЗАО «Антиплагиат» (<http://www.antiplagiat.ru/>). Именно сервис этой системы был привлечен ВНИИГМИ-МЦД на конкурсной основе для выполнения работ по анализу документов в области гидрометеорологии на наличие в них заимствований.

Описание технологии выявления заимствований в документах

Принцип работы системы «Антиплагиат» и других подобных систем заключается в следующем. На сервере системы работает специальная программа, которая особым образом обрабатывает каждый документ, в частности выделяет в документе текстовую часть, делит текст на отдельные фразы (шинглы), для которых вычисляется уникальный код. Обработанный текст и вычисленные коды сохраняются в базе данных. Соответственно, проверяемый текст также делится на фразы, которые подвергаются аналогичной операции, после чего сравниваются с образцами из базы.

Таким образом, все системы выявления заимствований просто устанавливают совпадения текстовых фраз в двух сравниваемых документах на основе специальных алгоритмов и формируют по определенной форме отчеты, в которых выделены совпадающие текстовые блоки. Выводы о том, является ли совпадение добросовестным цитированием или незаконным заимствованием, должен делать эксперт после дополнительного анализа отчетов, формируемых системой.

Работы по выявлению заимствований с помощью системы «Антиплагиат» состоят из следующих этапов:

- 1) создание виртуального кабинета пользователя;
- 2) подготовка и загрузка документов в собственную коллекцию;

- 3) выполнение автоматической проверки документов и формирование отчетов;
- 4) проведение экспертного анализа полученных отчетов с целью выявления недобросовестного заимствования.

Создание виртуального кабинета пользователя заключается в формировании списка пользователей системы и наделении их правами доступа – администратора или обычного пользователя. Вход в систему осуществляется с использованием уникальных для каждого пользователя названий учетных записей и паролей. Администратор обладает правом формирования списка пользователей и определения внутренней структуры собственной коллекции документов. Было принято решение о формировании коллекции документов в области гидрометеорологии, в структуре которой предусмотрены отдельные разделы для книг, журналов и отчетов НИОКР. Это позволяет упорядочить и систематизировать работу по выявлению заимствований в различных категориях документов.

Процесс загрузки документов в систему «Антиплагиат» выполняется в удаленном режиме через Интернет. На первоначальном этапе в соответствии с договором между ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ЗАО «Антиплагиат» была осуществлена передача накопленного к тому времени архива электронных документов в ЗАО «Антиплагиат» и выполнена их массовая загрузка. В дальнейшем загрузка в систему «Антиплагиат» осуществлялась силами Информационного центра ВНИИГМИ-МЦД в удаленном режиме через специализированный интерфейс. Загрузка может осуществляться как отдельными документами, так и группами документов, упакованных в архив, но объемом не более 20 Мб. Документы могут быть представлены в любом из ряда наиболее распространенных форматов – текстовом, rtf, doc, pdf, html. В процессе загрузки из документов извлекаются только тексты, рисунки и иные графические изображения не усваиваются, форматирование таблиц также не сохраняется. То есть структура документа, сохраняемого в системе «Антиплагиат», может заметно отличаться от оригинала, в связи с чем важно позаботиться об идентификации документа в системе, т.е. необходимо дать его краткое библиографическое описание при загрузке в систему.

При загрузке архивов документов в удаленном режиме возможны случаи неполной загрузки текстов документов, поэтому необходимо проводить соответствующие проверки. Кроме того,

некоторые устаревшие версии декларированных форматов, например PDF, не воспринимаются системой, что приводит к искажению кодировки и делает загруженные документы нечитаемыми. Поэтому в некоторых случаях приходится выполнять работы по конвертации поступивших во ВНИИГМИ-МЦД электронных документов в подходящие форматы.

Проверка документов на заимствование может производиться непосредственно после загрузки документа в базу или позднее, например после полного завершения формирования базы. Всегда можно повторить проверку документов, загруженных ранее. При этом пользователь определяет, с какими коллекциями системы «Антиплагиат» следует сравнивать документ. В типичном случае это две коллекции: одна – сформированная из источников, доступных в Интернете, вторая – собственная коллекция документов в области гидрометеорологии.

Результатом проверки является отчет с оценкой степени оригинальности документа в процентах. В отчете приводится перечень документов базы, с которыми имеются текстовые совпадения у проверяемого документа, а также представлен текст проверяемого документа с выделенными в нем блоками совпадающих фраз. Каждый блок имеет ссылку на документ, содержащий аналогичный текст (см. рисунок).



Рис. Пример отчета, формируемого системой «Антиплагиат»

При этом система не может идентифицировать добросовестное цитирование, имеющее ссылку на первоисточник, и отличить его от заимствования. Поэтому такие случаи, а также случаи совпадения ссылок в списках литературы, ссылок на правовые и нормативные документы снижают показатель оригинальности документа, вычисляемый системой. Обоснованный вывод о наличии факта заимствования может сделать только эксперт после анализа отчета, полученного системой, и собственно сравниваемых документов.

Полученные результаты

Формирование собственной коллекции в системе «Антиплагиат» осуществляется Информационным центром ВНИИГМИ-МЦД параллельно с созданием во ВНИИГМИ-МЦД собственной электронной библиотеки.

Всего к концу 2013 года в систему «Антиплагиат» было загружено 1 504 документа, в том числе 311 отчетов НИОКР за 2008–2010 гг., 109 изданий монографического типа, в том числе нормативно-методические документы, 1 084 статьи из сборников трудов НИУ Росгидромета и журналов гидрометеорологической направленности.

В целях обеспечения идентификации документов и облегчения последующей работы эксперта сборники трудов, в тех случаях, когда они были представлены цельными электронными документами, разбивались на отдельные документы-статьи.

Загружены статьи из нижеприведенного списка трудов НИУ и журналов.

- Труды ААНИИ, выпуски 445, 446, 447, 448, 449, 450.
- Труды ВГИ, выпуск 96.
- Труды ВНИИГМИ-МЦД, выпуски 43, 160, 166, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176.
- Труды Гидрометцентра России, выпуски 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346.
- Информационный сборник Гидрометцентра России №№ 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37.
- Труды ГГО, выпуски 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, специальные выпуски № 1 и № 2.
- Труды ГОИН, выпуски 211, 212, 213.
- Труды ДВНИГМИ, выпуск 54 и юбилейный к 60-летию ДВНИГМИ.

- Труды СибНИГМИ, выпуски 105, 106.
- Труды ВНИИСХМ, выпуски 37.
- «Проблемы Арктики и Антарктики», №№ 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91.
- «Российские полярные исследования», выпуски 1 и 2 за 2010 г.

Все загруженные в систему «Антиплагиат» документы были подвергнуты сравнению с базой, сформированной системой «Антиплагиат» из открытых источников Интернет и формируемой гидрометеорологической коллекцией.

Анализ полученных отчетов показал, что в Интернет-коллекции системы «Антиплагиат» работы гидрометеорологической направленности были представлены крайне незначительно. Так, было определено, что число случаев, когда копии загружаемых в гидрометеорологическую коллекцию документов также присутствовали в Интернет-коллекции, не превышало нескольких десятков. Соответственно, и случаев недобросовестного заимствования из источников Интернет также не было выявлено. Вместе с тем, чтобы подтвердить работоспособность системы, в табл. 1 приведены примеры добросовестного заимствования.

Таблица 1

Некоторые примеры добросовестного заимствования, выявленные с помощью системы «Антиплагиат»

Наименование документа	Источник заимствования	% заимствования
Оказание первой медицинской помощи на труднодоступных станциях Росгидромета. – СПб.: ААНИИ, 2008.	Справочник по оказанию скорой и неотложной помощи. – СПб.: ТОО «Лейла», 1996.	12
РД 52.19.568–2010. Организация комплектования, учета, хранения и использования документов архивного фонда данных о состоянии окружающей среды. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011.	Правила организации хранения, комплектования, учета и использования документов Архивного фонда Российской Федерации и других архивных документов в государственных и муниципальных архивах, организациях Российской академии наук. – М., 2007.	26
Методические указания. Оценка условий вегетации и прогноз валового сбора картофеля по территории Алтайского края. – Новосибирск, 2010.	Методические указания. Оценка условий вегетации и прогноз валового сбора картофеля по территории Кемеровской области. – Новосибирск, 2009.	95

Отчеты, сформированные системой «Антиплагиат», показали значительное число случаев частичного совпадения текстов документов внутри гидрометеорологической коллекции. При этом иногда эти совпадения достигают 50 %, а в отдельных случаях и больше. Однако проведенный экспертный анализ показал, что эти совпадения нельзя причислить к разряду недобросовестного заимствования по следующим причинам:

1) значительные совпадения, иногда достигающие 50 %, выявлены в ряде промежуточных и заключительных отчетов НИОКР одних и тех же авторов;

2) закономерные совпадения выявлены между отчетами НИОКР и опубликованными позднее статьями одних и тех же авторов или коллективов;

3) закономерные совпадения выявлены между статьями и опубликованными позднее статьями и монографиями одних и тех же авторов или коллективов.

Вместе с тем, видимо, научным руководителям следует обратить внимание на случаи значительного дублирования текстов промежуточных отчетов в заключительных отчетах, или текстов, представляемых организациями-соисполнителями НИОКР, которые имеются также в отдельных отчетах этих организаций. Иногда текстовая часть служит шаблоном, в котором меняются только наименования и цифровой материал. В качестве примера можно привести серию документов под названием «Методические указания. Оценка условий вегетации и прогноз валового сбора картофеля по территории...» далее «...Алтайского края», «... Кемеровской области», «...Новосибирской области» (табл. 1).

Представляется нормальным, когда материалы отчета НИОКР находят отражение в последующих публикациях исполнителей отчета. Но ситуация, когда в одном из отчетов НИОКР за 2010 год повторен текст из статьи, опубликованной в 2002 году, вызывает вопросы.

Также можно отметить, что тексты статей из сборников трудов НИУ и монографий часто используются в рефератах, выставленных в сети Интернет (табл. 2). Но эти рефераты, как правило, не имеют авторства.

Таблица 2

**Примеры заимствования, выявленные с помощью системы
«Антиплагиат», в рефератах, выставленных в сети Интернет**

Наименование документа	Источник заимствования	% заимствования
Реферат на тему «Дешифрирование болот». Казань, 2011 (http://www.studmed.ru/docs/document6445/)	Усова Л. И. Практическое пособие по ландшафтному дешифрированию аэрофотоснимков. С-Петербург, ГГИ, 2009	27
Реферат на тему «Методы долгосрочных прогнозов погоды на территории Российской Федерации», Одесский государственный экологический университет. Одесса, 2011 (http://otherreferats.allbest.ru/geography/00156641_0.html)	Р.М. Вильфанд, В.А. Тищенко. Метод долгосрочного прогноза среднемесячной температуры воздуха с нулевой заблаговременностью и сглаженного хода температуры в течение месяца и результаты испытания метода// Гидрометцентр РФ, Инф. сборник № 31. 2005	48

Выводы

Проведенная обработка полутора тысяч документов в области гидрометеорологии (монографий, статей, отчетов НИОКР) за период 2008–2010 гг. с помощью системы «Антиплагиат» и последующий экспертный анализ не выявили случаев недобросовестного заимствования (присвоения чужого авторства) в этих документах.

Вместе с тем случаи повторного использования текста авторами и коллективами, прежде всего в отчетах НИОКР, нередки и могут иногда достигать 50 %.

Полученные результаты могут быть использованы руководителями научных коллективов НИУ и Росгидромета для дополнительного анализа научных результатов и их оценки.

Сформированная база электронных документов (публикаций и отчетов НИОКР) в области гидрометеорологии послужит хорошей основой для проведения дальнейшего анализа на возможное заимствование новых документов, что будет способствовать повышению качества научно-технических работ.

УДК 551.501:681.3

СОЗДАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ БАЗЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ УКРАИНЫ

*В. П. Евстигнеев¹, М. П. Евстигнеев^{1,2}, Н. И. Кульбида³,
В. А. Наумова¹, Н. И. Швень⁴, Е. А. Мосунова¹*

¹ Севастопольская гидрометеорологическая обсерватория

² Севастопольский национальный технический университет

³ Украинский гидрометцентр, г. Киев

⁴ Центральная геофизическая обсерватория, г. Киев

Введение

В настоящее время в мире большое внимание уделяется развитию систем комплексного анализа исторических рядов данных наблюдений за гидрометеорологическими элементами в отдельных регионах и современных массивов ретроспективных данных о состоянии климатической системы Земли как целого. Решение подобных задач связано с необходимостью обработки больших объемов данных с привлечением методов многомерного статистического анализа – задача, которая должна решаться с использованием современных вычислительных средств и программного обеспечения на основе оптимально структурированного архива гидрометеорологических данных.

Централизованное накопление гидрометеорологической информации началось еще в СССР и было связано с организацией в 1957 г. Фонда данных по гидрометеорологии и загрязнению природной среды. Последовавшее развитие архивного фонда было сопряжено с развитием электронной вычислительной техники, а также с началом глобального мониторинга (спутниковая «эра») состояния лито-, крио-, атмо- и гидросфер Земли. Процесс накопления данных осуществлялся централизованно, хотя и предполагал хранение части информации в территориальных гидрометцентрах, в том числе в Украине [1]. Бурному накоплению гидрометеорологической информации также способствовал международный обмен между мировыми центрами данных, один из которых располагался в бывшем СССР (ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск, Россия). Хранение осуществлялось в формате ЯОД

(Язык Описания Данных) [2, 3], а в качестве системы управления базой данных использовалась система АИСОРИ [4].

С распадом СССР (1991 г.) процесс накопления гидрометеорологических данных стал осуществляться независимо друг от друга национальными гидрометслужбами стран постсоветского пространства, которые взяли на себя также и функцию научно-методического сопровождения всего цикла движения, преобразования и хранения гидрометеорологической информации. Взаимодействие с ВНИИГМИ-МЦД сводилось только к международному обмену. Однако именно с 90-х годов начался и продолжается по сей день стремительный рост качества и производительной мощности компьютерной техники, произошла смена парадигмы разработки программного обеспечения, баз данных и систем управления. За этот период развитие автоматизированных систем обработки гидрометеорологических данных и архива на технических носителях в национальных гидрометслужбах происходило независимо.

Целью настоящей работы является реализация первого этапа создания национального архива метеорологических данных Украины на технических носителях с использованием современных информационных технологий.

Результаты и обсуждение

Объем архива данных метеорологических наблюдений Украины на технических носителях

Основным источником гидрометеорологических данных для украинской территории являются регулярные наблюдения, проводящиеся на сети станций и постов гидрометслужбы Украины. Материалы наблюдений хранятся в Отраслевом государственном архиве (ОГА) Центральной геофизической обсерватории (г. Киев). Общее число станций на территории Украины, зарегистрированных в метеоархиве в разные периоды лет, составляет 242, из которых в настоящее время действующими являются 187. Для описания состава электронного архива на рис. 1 а, б графически представлены объем информации как функция времени (рис. 1а) и распределение станций по длине архивных рядов данных (рис. 1б).

Из рис. 1 следует, что распределение количества станций по длине архивных рядов данных является сильно неравномерным:

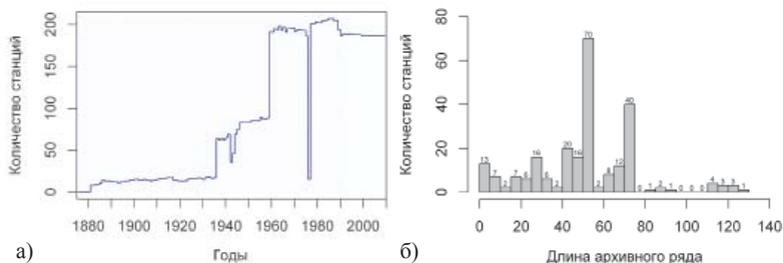


Рис. 1. Объем информации, содержащейся в метеорологическом архиве на технических носителях, как функция времени (а), и распределение числа станций в зависимости от длины архивного ряда (б)

большое количество станций имеют ряды данных длиной 50–55 лет (70 станций) и 70–75 лет (40 станций). Кроме того, в архиве имеются 11 станций, ряды данных которых имеют длину более 100 лет.

Следует иметь в виду, что под длиной ряда нами понимается количество лет наблюдений, хранящихся в электронных архивах, причем эта длина может отличаться от реального периода функционирования станций. Ярким примером этого служит информация о 1976 году, представленная на рис. 1 а. Как видно из рисунка, за данный год в электронном архиве отсутствуют данные по подавляющему большинству пунктов, что, вполне очевидно, не может быть связано с перерывом в наблюдениях. Другой иллюстрацией несоответствия указанных периодов является рис. 2, на котором представлены данные о полноте метеорологической информации для пунктов морской береговой сети Украины.

Как следует из рис. 2, информация по многим пунктам в электронном архиве отсутствует практически за половину исторического периода. По станции «Одесса-порт» она и вовсе отсутствует, несмотря на вековые наблюдения на этом пункте. Причины такого несоответствия периодов лет, имеющих в электронном архиве, и исторических массивов данных, по нашему мнению, кроются в следующем:

- исторические массивы данных на технических носителях начали формироваться с 60-х годов. На тот момент в силу технологических сложностей данного процесса занесение исторических данных до рассматриваемого периода было затруднительным.

В таких условиях приоритет отдавался основным станциям оперативного обеспечения и международного обмена климатической информацией [1];

– отдельные пункты наблюдений (в особенности береговой зоны) за исторический период находились в подчинении различных ведомств, в том числе военных. В результате в период формирования архива на технических носителях у гидрометслужбы попросту не оказалось исходных данных метеорологических наблюдений.



Рис. 2. Наличие информации в архиве на технических носителях и период функционирования пунктов морской береговой сети Украины. Полосы бирюзового цвета соответствуют периоду функционирования пунктов с учетом перерывов наблюдения; полосы розового цвета показывают объем информации, содержащийся в архиве на технических носителях

Тем не менее часть материалов на бумажных носителях (книжки наблюдений, месячные таблицы, ежегодные данные и т.д.) сохранилась, поэтому проблема восстановления архивных данных в электронном формате все еще остается актуальной и должна быть решена в рамках современных программных средств. Это в свою очередь требует приведения имеющихся электронных архивов к современным стандартам.

**Краткая характеристика текущего состояния
архива данных метеорологических наблюдений Украины
на технических носителях**

На протяжении всей истории существования гидрометслужбы стандарты хранения метеорологических данных на технических носителях неоднократно менялись, что было обусловлено сменой методик наблюдения (1966 г.), изменениями самих технических носителей информации (перфокарты, магнитные ленты и т.д.) и способов ее обработки: на машиносчетных станциях до 1970-х годов, а в последующем – внедрение ЭВМ- ориентированных технологий [1]. В результате всех этих преобразований электронный метеоархив Украины представляет собой в значительной степени разнородный массив данных (табл. 1).

Таблица 1

Форматы хранения данных метеорологического архива

Данные	1881 (1936)–1965	1966–1975	1976–1983	1984–1990	1991–2013
Срочные (только с 1936)	ТМ1-СРОКИ	ВОСХОД	ТММ1	ТММ1	ТМС
Суточные	ТМ1-СУТКИ	СУТКИ-76	–	ТМСС	ТМСС
Месячные	–	–	–	ТМСМ	ТМСМ

Исходные данные метеорологических наблюдений представлены на трех уровнях: срочного, суточного и месячного разрешения. Массивы срочных данных существуют в четырех различных базовых ЯОД-форматах в зависимости от периодов лет, в пределах которых существовала соответствующая схема архивирования данных наблюдений: ТМ1-СРОКИ, ВОСХОД, ТММ1, ТМС (см. табл. 1). При этом до 1976 года данные наблюдений кодировались в текстовом формате, а после 1976 года – в бинарном. Формат хранения и кодирования данных суточного и месячного обобщений в целом подобен базовым форматам срочных данных.

Физическое хранение осуществляется в виде отдельных файлов по схемам «один файл – одна станция за весь период лет» – для архивов ТМ1-СРОКИ, ТМ1-СУТКИ, ВОСХОД, СУТКИ-76 и «один файл – один месяц по всем станциям» – для архивов ТММ1, ТМС, ТМСС, ТМСМ. Обратим внимание на то, что, в отличие от суточных и месячных обобщений, данные срочных наблюдений присутствуют в метеоархиве, начиная с 1936 г., без глобальных перерывов, за исключением тех, которые указаны в табл. 2.

Это, вообще говоря, позволяет восстанавливать суточные и месячные архивы путем перерасчета из срочных данных.

Таблица 2

Глобальные пропуски в рядах данных метеорологического архива

Год	Месяцы	Отсутствуют данные
1978	10, 11	срочные и суточные
1983	6	срочные и суточные
1985	5	срочные
1993	9, 10	срочные

Краткий анализ текущего состояния метеоархива, а также проведенное детальное исследование качества имеющихся в метеоархиве архивных файлов и исходных базовых форматов позволяет выделить три основные сложности, неизбежно возникающие при использовании метеорологических данных в их нынешнем состоянии:

– разнородность форматов данных, существенно усложняющая произвольный доступ к данным;

– разнородность структуры и правил кодирования данных; под этим подразумеваются различные правила кодирования некоторых гидрометеорологических элементов в разные периоды лет (например, группа атмосферных явлений, элементы влажности и пр.);

– ошибки формата и сбой записи в архивных файлах; под этим подразумеваются нарушения внутренней структуры архивных файлов, наличие фрагментов «мусора» вместо данных наблюдений и прочие проблемы, возникшие, по всей видимости, в результате многократного перезаписывания архивных файлов с разных технических носителей (магнитные ленты, дискеты, жесткие диски).

Учитывая анализ текущего состояния метеоархива, проведенный выше, процесс создания архивной системы современного уровня в первом приближении может быть представлен в виде трех последовательных этапов:

1) создание структуры электронной базы данных и перевод имеющегося ЯОД-архива в формат базы данных;

2) заполнение имеющихся пропусков наблюдений и создание однородных рядов данных по всем станциям наблюдений;

3) создание современной системы управления базой данных.

В настоящей работе совместными усилиями специалистов ОГА и Севастопольской ГМО был реализован первый этап – создание единой структуры архивной системы на технических носителях и перевод метеорологической информации в формат базы данных.

Реализация первого этапа создания современного метеоархива на технических носителях

Принципиально важным для сохранения целостности архива и исключения потери данных при переброске в новый формат является корректировка ошибок формата и сбойных участков исходных архивных файлов. Отмечены следующие наиболее часто встречающиеся ошибки ЯОД-архивов:

- забытые «мусором» фрагменты файла;
- символ '[' вместо знака минус или плюс;
- непоследовательные (случайные) значения года – месяца – срока – дня;
- символы «3», «4» вместо «3», «4»;
- зеркальная перестановка байтов.

Наибольшее число проблемных ситуаций возникало с файлами архивов ВОСХОД (восстановлено 33 станции из 201), СУТКИ-76 (восстановлено 28 станций из 200), ТМ1-СУТКИ (восстановлено 30 станций из 220), ТМ1-СРОКИ (восстановлена 21 станция из 218), которые были созданы на основе перфокартотек. Как было отмечено в [5], со времени их создания и до ввода в ЭВМ перфокартотеки деградировали из-за старения основы (перфокарт) и хранения в неподходящих условиях. Для более поздних архивов ТМСС и ТММ1 лишь отдельные файлы потребовали корректировки.

На основании имеющегося скорректированного набора архивных файлов была произведена разработка универсальной структуры базы данных метеорологических наблюдений, не зависящая от периода наблюдений и базового ЯОД-формата исходных данных. Для достижения этой цели была выполнена процедура согласования типа хранимых элементов и правил кодирования данных по всей вертикали имеющихся ЯОД-форматов, описанных выше и представленных в табл. 1. Построение универсальной структуры выполнялось таким образом, чтобы гарантированно исключить потерю данных, даже если в настоящее время данная характеристика не измеряется. Данные каждого из массивов трех

уровней (срочные, суточные, месячные) были распределены по таблицам соответствующих элементов наблюдений. Кроме того, структура предусматривает наличие таблицы паспортных данных пунктов наблюдений. Некоторые основные свойства универсальной структуры метеоархива приведены ниже:

- хранение данных наблюдений в декодированном виде, соответствующем реальному значению измеренной физической величины. Это подразумевает исключение признака точности элемента (все архивы) и дополнительной характеристики элемента (только в архиве ВОСХОД) как таковых. Исключение составляют некоторые характеристики, правила кодирования которых зафиксированы в Наставлении (например кодирование метеорологической дальности видимости), а также отдельные характеристики (например первая и вторая характеристики особо опасного явления);

- единые правила кодирования признака качества (Q);

- инкапсуляция в структурах таблиц всех без исключения наблюдаемых характеристик и элементов в архивах всех периодов лет (например, характеристика регулярности скорости ветра, наблюдаемая только до 1965 г.), а также дополнительной характеристики метеозаписей в суточной базе данных, кодируемой в ЯОД-архивах до 1976 года;

- приведение в соответствие правил кодирования метеозаписей в ранних архивах к системе кодирования, используемой в более поздних архивах (ТМС, ТМСС, ТМСМ (например кодирование атмосферных явлений), либо объединение правил кодирования в разных архивах (например объединение правил кодирования характеристики общей и нижней облачности в базе суточных данных).

Разработанная универсальная структура метеоархива была реализована в современной базе данных MS SQL Server. Наличие унифицированной структуры позволило создать программу-загрузчик метеоданных из разнородных ЯОД-форматов (см. табл. 1) в формат MS SQL Server и выполнить саму процедуру загрузки. В рамках этой программы также осуществляется автоматическое пополнение метеобазы данными текущих наблюдений путем подключения к действующей в Украине системе первичной обработки АССОКА (Метеорология) [6].

Полученный таким образом метеоархив в формате базы данных MS SQL Server инкапсулирует все функции современной

клиент-серверной системы, в частности реализует возможность произвольной выборки с любым числом входящих в запрос ограничений и наборов признаков, а также позволяет выполнять любые операции по обслуживанию самого архива.

Использование электронной метеорологической базы данных при решении научно-прикладных задач возможно только при условии, если хранящиеся в ней ряды данных являются однородными. Для решения этих задач была создана и внедрена система контроля качества метеорологических данных, реализованная на основе рекомендаций ВНИИГМИ-МЦД [7, 8] и современных достижений в области статистики [9]. Унификация базы метеорологических данных позволила внедрить подсистему поиска и устранения неоднородностей в исторических массивах на основании современного метода [10]. В настоящий момент работа по приведению рядов данных к однородным проводится для тех метеорологических элементов (температура воздуха, скорость ветра, осадки, давление и пр.), к которым эта процедура применима. При этом важной отличительной особенностью созданной метеорологической базы является возможность сохранения в ней как первичных данных наблюдений, так и приведенных к однородным, для обеспечения контроля результатов трансформации исходных рядов на всех этапах.

Выводы

В настоящей работе представлен итог реализации первого этапа создания национального архива метеорологических данных Украины с использованием современных информационных технологий, в ходе которого проведена корректировка ошибок исходного ЯОД-архива, создана структура базы данных и произведен перенос данных из формата ЯОД в формат MS SQL Server. Следующим этапом является создание специализированной системы управления базой данных как основы метеорологического архива на технических носителях.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта ДФФД № 53.6/054.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Григорьев В. И.* Автоматизированная обработка гидрометеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 303 с.
2. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1978. Вып. 43. С. 3–30.
3. *Веселов В. М.* Язык описания гидрометеорологических данных для IBM PC совместимых ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1995. Вып. 160. С. 41–54.
4. *Веселов В. М.* Структура и информационные технологии баз и банков архивных данных Госфонда (1976–2004 гг.) // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. С. 38–59.
5. *Быховец С. С.* История наблюдений за температурой почвы на сети метеорологических станций России // Криосфера Земли. 2007. Т. XI, № 1. С. 7–20.
6. *Евстигнеев В. П., Наумова В. А., Евстигнеев М. П.* Комплекс автоматизированных систем сбора, обработки, контроля, анализа и хранения данных гидрометеорологических наблюдений – АССОКА // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. С. 157–162.
7. *Рекомендации по анализу результатов пространственного контроля режимной метеорологической информации.* СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 176 с.
8. *Степаненко С. Р., Воронцов А. А.* Оценка качества массива суточных значений температуры воздуха // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174.
9. *Huberta M., Vandervieren E.* An adjusted boxplot for skewed distributions // Computational Statistics and Data Analysis. – 2008. V. 52. P. 5186–5201.
10. *Wang X. L., Wen Q. H., Wu Y.* Penalized maximal test for detecting undocumented mean change in climate data series // J. Appl. Meteor. Climatol. 2007. V. 46, N 6. P. 916–931.

УДК 551.579(09)

ВНИИГМИ-МЦД: пятидесятилетняя история, основные итоги и перспективы. Копылов В. Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 5–10.

Статья открывает выпуск №178 Трудов ВНИИГМИ-МЦД, посвященный, как и ряд предшествующих изданий и мероприятий юбилейного 2014 года, пятидесятилетию института. Кратко приводится история создания и становления института, дается описание исследовательских и оперативно-производственных задач, решавшихся на протяжении полувековой истории, определяющих сегодняшние и будущие направления деятельности ВНИИГМИ-МЦД.

Ключевые слова: ВНИИГМИ-МЦД, история, направления деятельности, пятидесятилетие института.

УДК 551.583.1(470+571)«451.30»

Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия. Коршунова Н.Н., Швець Н.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 11–24.

Исследуются региональные особенности изменения норм основных климатических параметров (температуры воздуха, осадков, упругости водяного пара, атмосферного давления на уровне моря) на территории России за три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961–1990, 1971–2000 и 1981–2010 гг. Кроме разницы норм по станциям, рассчитаны осредненные по территории квазиоднородных климатических районов значения. Разности климатических норм, полученные в данной работе, могут рассматриваться как один из показателей изменений климата, которые проявляются неодинаково в различных регионах такой огромной страны, как Россия. Выявлены сезонные изменения в режиме основных климатических параметров в отдельных регионах России за последние десятилетия.

Ключевые слова: климатические нормы, температура воздуха, осадки, упругость водяного пара, атмосферное давление на уровне моря, квазиоднородные климатические районы, региональные особенности.

Ил. 9. Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК [551.583:633/635] (470.324)

Влияние изменений климата на развитие растениеводства в Воронежской области. Трофименко Л.Т., Коршунова Н.Н., Аристова Л.Н. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 25–34.

Рассматриваются климатические условия Воронежской области с точки зрения их пригодности для выращивания основных сельскохозяйственных культур – подсолнечника и сахарной свеклы – на фоне наблюдающихся в последние годы изменений климата. Для анализа привлекались данные девяти метеорологических станций, расположенных на территории Воронежской области, различного временного разрешения за период 1966–2010 гг. Выявлена неоднозначность влияния произошедших в последние десятилетия изменений климата на условия возделывания основных сельскохозяйственных культур области – подсолнечника и сахарной свеклы. С одной стороны, повышение температуры воздуха увеличивает безморозный, а следовательно, и вегетационный период, с другой стороны, уменьшение весенних и летних осадков ухудшает обеспечение растений влагой, повышает вероятность возникновения атмосферных засух и суховейных явлений, которые негативно влияют на развитие растений и формирование урожая.

Ключевые слова: климатические условия, температура воздуха, осадки, вегетационный период, засухи, суховейные явления.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. 10.

УДК 551.524.7:551.509.314

Об особенностях оценок трендов приземной температуры воздуха на территории Российской Федерации, полученных методом квантильной регрессии. Стерин А.М., Тимофеев А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 35–46.

С помощью метода квантильной регрессии получены оценки трендов температуры воздуха для территории РФ. Оценки позволяют судить о долгосрочных тенденциях изменения не только для средних месячных или сезонных температур, но на всем диапазоне значений, в том числе вблизи максимальных или минимальных значений. Рассматриваются реальные ситуации различия трендов в разных частях диапазона квантилей. Описываются особенности географического распределения трендов максимальной суточной приземной температуры зимнего сезона, полученных по 600 станциям Российской Федерации за период 1961–2010 гг.

Ключевые слова: квантильная регрессия, изменчивость, приземная температура воздуха.

Ил. 3. Библиогр. 6.

УДК 551.583:[551.510.52:551.508.822]

Исследование многолетней изменчивости параметров тропопазуы над территорией РФ по радиозондовым данным. Козлова Л.Ф., Стерин А.М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 47–60.

Работа посвящена анализу некоторых климатических показателей тропопазуы, отражающих ее многолетний режим над территорией РФ, на основе массива радиозондовых данных АЭРОСТАБ. Дан обзор некоторых публикаций, посвященных роли тропопазуы как индикатора изменений климата. Выполнены расчеты климатических характеристик тропопазуы за период 1978–2007 гг. для группы длиннорядных станций РФ. Получены и проанализированы оценки линейных трендов характеристик тропопазуы для каждой из рассмотренных станций. Рассмотрены особенности годового хода трендов. Характер трендов высоты и температуры для нижней границы тропопазуы (полярной) соответствует представлениям о потеплении климата.

Ключевые слова: тропопазуа, радиозондовые данные, тренды, многолетняя изменчивость.

Ил. 6. Табл. 3. Библиогр. 32.

УДК [551.501.724+551.501.771]:551.501.86

Спутниковые данные вертикального зондирования атмосферы из сети ГСТ: технология обработки и архивация. Хохлова А.В., Руденкова Т.В., Агуренко А.О., Георгиева Л.А., Тимофеев А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 61–72.

Приведено описание технологии получения, обработки и архивации спутниковых данных по температурно-влажностному зондированию атмосферы, поступающих по каналам связи из Глобальной системы телесвязи. Данные поступают в кодовых формах SATEM, имеют глобальное покрытие. Приведено описание структуры массива спутниковых данных SATEM по температурно-влажностному зондированию атмосферы.

Ключевые слова: атмосфера, спутниковые данные, вертикальное зондирование, обработка, архивация.

Табл. 2. Библиогр. 7.

УДК 551.501.6: 551.583.1

Сравнение результатов последовательного и комплексного контроля качества данных радиозондирования атмосферы. Алдухов О.А., Черных И.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 73–87.

Показано, что использование данных глобальных массивов радиозондовых наблюдений, прошедших процедуры контроля качества данных, основанные на разных принципах, может быть одной из причин расхождения результатов расчетов и климатических исследований по данным радиозондирования атмосферы.

С экспериментальной целью на примере контроля глобального аэрологического массива Integrated Global Radiosonde Archive (IGRA, США) в работе проведено сравнение признаков качества данных, присвоенных в результате последовательного контроля качества (ПК), проводимого в настоящее время в Национальном климатическом центре данных США (National Climatic Data Center, НКЦД), и комплексного контроля качества (ККК), реализованного в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

Ключевые слова: аэрологический массив, контроль качества, радиозондовые наблюдения.

Ил. 3. Табл. 5. Библиогр. 29.

УДК 681.3.06:551.5

Автоматизированное формирование телеграмм кода WAREP средствами АРМ ПЕРСОНА. Зубрицкая Е.Н., Сомова С.М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 88–96.

В статье приводится описание автоматизированного формирования средствами АРМ ПЕРСОНА оперативных телеграмм с использованием национального варианта международного кода RF 6/04 WAREP о возникновении, усилении и окончании опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений со станций, обслуживаемых персоналом.

Ключевые слова: оперативные телеграммы, национальный вариант кода RF 6/04 WAREP, опасные и неблагоприятные гидрометеорологические явления.

Ил. 5. Табл. 1. Библиогр. 1.

УДК 551.46.06:681.3.06

О новых процедурах контроля качества судовых метеорологических наблюдений в процессе первичной обработки. Попова В.Н., Сомова С.М., Кракановская Е.М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 97–104.

Рассматриваются алгоритмы контроля позывных платформ наблюдения и температуры поверхности воды, включенные в технологический процесс первичной обработки судовых метеорологических наблюдений, поступающих в журналах КГМ-15.

Ключевые слова: судовые метеорологические наблюдения, первичная обработка, алгоритмы контроля, температура поверхности воды, журналы наблюдений.

Ил. 3. Табл.1. Библиогр. 6.

УДК 681.3.06:551.5

О развитии и усовершенствовании технологии первичной обработки метеорологической информации постов. Правосудько Т.П., Сомова С.М., Амельченко Е.В., Волкова Л.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 105–111.

Приводится описание процессов усовершенствования и наращивания технологических и функциональных этапов обработки данных в автоматизированной системе первичной обработки режимной метеорологической информации постов ПЕРСОНА МИП, действующей в настоящее время на наблюдательной сети Росгидромета за 2011–2013 годы. Рассматриваются аспекты модификации этапов совместного контроля данных станций и постов в системах ПЕРСОНА МИС и ПЕРСОНА МИП и формирования комплекта таблиц метеорологического ежегодника по снежному покрову.

Ключевые слова: этапы обработки данных, автоматизированная система ПЕРСОНА МИП, описание процессов, аспекты модификации, метеорологический ежегодник по снежному покрову.

Ил. 3. Библиогр. 3

УДК 681.518:551.5

Информационная технология формирования массивов с данными первичных агрометеорологических наблюдений в унифицированном формате. Правосудько Т.П., Сомова С.М., Амельченко Е.В., Волкова Л.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 112–122.

Приводится описание этапов информационной технологии по комплексной обработке и формированию архива первичных агрометеорологических наблюдений станций и постов, полученных с помощью функционирующих на наблюдательной сети Росгидромета программно-технологических комплексов AMFD, AMFD2 и ARMAGRO.

Ключевые слова: информационная технология AGROJOD, программно-технологические комплексы AMFD, AMFD2, ARMAGRO, унифицированный формат хранения, архив первичных агрометеорологических наблюдений.

Ил. 5. Библиогр. 3.

УДК 556.04:[556.124:556.16.06]:627.14

Автоматизация обработки данных снегомерных наблюдений и подготовки информации для потребителей. Гниломедов Е.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 123–134.

В статье рассмотрена проблема эффективного использования данных снегомерных наблюдений в горах для прогнозов стока в периоды половодья на горных реках. Приводится краткое описание технологии по занесению, обработке, хранению и представлению пользователям данных наблюдений за снежным покровом и осадками в горах.

Ключевые слова: автоматизация, снежный покров, снегомерные наблюдения, база данных, обработка данных.

Ил. 3. Библиогр. 5.

УДК 551.515.7

Оценки опасности лесных пожаров на территории России при потеплении климата в XXI веке. Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 135–146.

Получены соотношения между изменениями климата и лесными пожарами, рассматриваются возможные варианты изменения характеристик лесных пожаров при двух сценариях изменений климата до конца XXI века.

Ключевые слова: лесные пожары, изменения климата, индекс Нестерова, сценарии климата.

Ил. 8. Библиогр. 7.

УДК 551.583:551.345

Длительные тенденции и изменения температуры почвогрунтов последнего десятилетия в зоне многолетней мерзлоты России. Шерстюков А.Б. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 147–156.

Проведено исследование изменений среднегодовой температуры почвогрунтов на глубине 320 см и глубины их протаивания на территории многолетней мерзлоты России за период 1963–2011 гг. Выявлены тенденции изменений указанных величин за последние пять десятилетий и отдельно – тенденции начала XXI века.

Представлено краткое описание массива суточных значений температуры почвы на глубинах до 320 см и массива расчетной глубины протаивания по метеорологическим станциям Российской Федерации, которые использовались в данном исследовании.

Ключевые слова: изменения климата, многолетняя мерзлота, температура почвы, протаивание почвы.

Ил. 7. Библиогр. 19.

УДК 551.558+551.465.7+550.3

Глобальный природный фактор естественных колебаний регионального климата на примере анализа температуры воздуха в Евразии. Шерстюков Б. Г., Салугашвили Р. С. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 157–166.

При анализе коэффициентов корреляций между многолетними колебаниями температуры воздуха в Европе и температурой поверхности океана в узлах географической сетки Земли обнаружены значимые корреляции в синхронных колебаниях европейского климата и температурой поверхности воды в разных частях Мирового океана. Выявлено, что синхронные колебания в атмосфере и океане согласуются с изменениями скорости вращения Земли.

Ключевые слова: колебания климата, климат океана, вращение Земли.

Ил. 4. Библиогр. 10.

УДК 001.893:551.5

Первый опыт анализа возможных заимствований в публикациях и отчетах НИОКР в области гидрометеорологии. Кузнецов А. А., Казаринова М. Т. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 167–174.

Представлены первые результаты работ по выявлению заимствований в научных публикациях и научно-технических документах в области гидрометеорологии. Специальной обработке и анализу были подвергнуты более полутора тысяч документов (статей, монографий, методических документов, отчетов НИОКР), подготовленных в научно-исследовательских учреждениях (НИУ) Росгидромета преимущественно в период 2008–2010 гг.

Ключевые слова: архив, метеорологические данные, информационные технологии, формат.

Ил. 1. Табл. 2.

УДК 551.501:681.3

Создание унифицированной базы метеорологических данных Украины. Евстигнеев В.П., Евстигнеев М.П., Кульбида Н.И., Наумова В.А., Швень Н.И., Мосунова Е.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 175–184.

В настоящей работе представлен итог реализации первого этапа создания национального архива метеорологических данных Украины с использованием современных информационных технологий, в ходе которого проведена корректировка ошибок исходного ЯОД-архива, создана структура базы данных и произведен перенос данных из формата ЯОД в формат MS SQL Server.

Ключевые слова: архив метеорологических данных, информационные технологии, формат.

Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. 10.

UDC 551.579(09)

RIHMI-WDC: a fifty-year-long history, major results and prospects.
К о р у л о в В. Н. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 5–10.

The article opens the RIHMI-WDC's collection of articles No178 devoted like some previous publications and events of 2014 to the 50th anniversary of the Institute. A brief history of establishment and development of RIHMI-WDC is provided. Research and operational tasks are described both solved during the 50-year-long history and defining current and future areas of activities of RIHMI-WDC.

Keywords: RIHMI-WDC, history, areas of activities, 50th anniversary.

UDC 551.583.1(470+571)«451.30»

The change in major climate parameter standards over the Russian area for the past decades. Korshunova N.N., Shvets N.V. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 11–24.

Regional features of the change in major climate parameter standards (air temperature, precipitation, water vapour pressure and sea-level air pressure) over the Russian area for three 30-year periods, 1961-1990, 1971-2000 and 1981-2010, are studied. Differences in standards are calculated for stations and differences in standards averaged over quasi-homogeneous climate regions are obtained. Differences in climate standards derived in this paper can be treated as one of the climate change indicators that show themselves differently in various regions of such a large country as Russia. Seasonal changes in the behaviour of major climate parameters in individual regions of Russia for the past few decades are detected.

Keywords: climate standards, air temperature, precipitation, water vapour pressure, sea-level air pressure, quasi-homogeneous climate regions, regional features.

Fig. 9. Tab. 2. Ref. 6.

UDC [551.583:633/635] (470.324)

Climate change impacts on the plant cultivation development in the Voronezh Region. Trofimenko L. T., Korshunova N. N., Aristova L. N. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 25–34.

Climate conditions in the Voronezh Region are considered in terms of their suitability for growing of major crops, sunflower and sugar beet, under recent climate change. Different time-resolution data for the period 1966-2010 from nine meteorological stations located in the Voronezh Region were used in the analysis. The impact of the recent climate change on the growing conditions of the major crops in the Region, sunflower and sugar beet, was found to be ambiguous. On the one hand, the air temperature rise results in the longer frost-free period, and thus the longer growing season. On the other hand, owing to the decrease in spring and summer precipitation, plants are poorly provided with moisture and air droughts and dry winds become more probable, which has an adverse effect on the plant development and crop yield.

Keywords: climate conditions, air temperature, precipitation, growing season, air droughts, dry winds.

Fig. 2. Tab. 3. Ref. 10.

UDC 551.524.7:551.509.314

Features of surface temperature trends over the territory of Russian Federation based on quantile regression. Sterin A. M., Timofeev A. A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 35–46.

Based on quantile regression method, estimates of trends in the time series of surface air temperature over the territory of Russian Federation are obtained. These estimates enable to study long period tendencies not only for mean monthly or mean seasonal series, but for all range of values, including trends in values that lie close to extremes. Real situations of different trends in different parts of quantile range are assessed. The geographical patterns of quantile regression trends in series of maximal daily temperature for winter season, that were calculated based on data for 600 russian meteorological stations are discussed.

Keywords: quantile regression, variability, surface air temperature.

Fig. 3. Ref. 6.

UDC 551.583:[551.510.52:551.508.822]

Research of long-term variability of tropopause characteristics on the radiosonde data above the Russian Federation. Kozlova L.F., Sterin A.M. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 47–60.

This work is devoted to the analysis of some climatic tropopause parameters, reflecting its long-term mode over the territory of Russian Federation, based on the AEROSTAB radiosonde data. The review of some publications about tropopause as indicator of climate change, is provided. Calculations of an annual variation of climatic tropopause characteristics for the period about 1978–2007 for a group of stations of the Russian Federation with long-period series have been performed. Estimations of linear trends of tropopause characteristics for each of the considered stations are analyzed. Features of an annual cycle of trends are considered. Character of trends of height and temperatures for the bottom border of tropopause (polar) corresponds to conception about climate warming.

Keywords: tropopause, radiosonde data, trends, long-term variability.

Fig. 6. Tab. 3. Ref. 32.

UDC [551.501.724+551.501.771]:551.501.86

Satellite data of vertical sounding of the atmosphere from GST: processing and archiving. Khokhlova A.V., Rudenkova T.V., Agurenko A.O., Georgieva L.A., Timofeev A.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 61–72.

The technology of receiving, processing and archiving of satellite data of temperature-humidity sounding of the atmosphere which come from the Global System of Telecommunication (GST) is described. The data are in SATEM code form and are of global recovering. The describing of the structure of dataset SATEM of atmosphere temperature-humidity sounding is presented.

Keywords: atmosphere, satellite data, vertical sounding, processing, archiving.

Tab. 2. Ref. 7.

UDC 551.501.6: 551.583.1

The comparison of sequential control and complex quality check for radiosonde observations dataset. Alduchov O. A., Chernykh I. V. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 73–87.

The paper is connected with the comparison of Quality Assurance at National Climatic Data Center USA and Complex Quality Check at RIHMI-WDC (Russia) for the global aerological IGRA-dataset.

It is shown the differences in quality flags after Quality Assurance and Complex Quality Check and the necessity to specify quality flags of values used for climatic study. The usage the values with different quality flags can be one of the reasons for trends calculations difference of used original aerological datasets.

Keywords: aerological dataset; quality check, radiosonde observations.

Fig. 3. Tab. 5. Ref. 29.

UDC 681.3.06:551.5

The automated formation of telegrams of the WAREP code by means of the automated workplace THE PERSON. Zubritskaya E. N., Somova S. M. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 88–96.

The article describes the automated build tools in PERSONA operating telegrams, using the national version of the international code RF 6/04 WAREP, about the origin, strengthening and completion of the dangerous and unfavorable hydrometeorological phenomena, with stations serviced by staff.

Keywords: operating telegrams, national version of the code RF 6/04 WAREP, dangerous and unfavorable hydrometeorological phenomena.

Fig. 5. Tab. 1. Ref. 1.

UDC 551.46.06:681.3.06

New quality control procedures for marine ships' observations during primary processing. Попова V.N., Somova S.M., Krakovskaya E.M. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 97–104.

The article's topic is quality control algorithms for call signs of observation platforms and sea surface temperature data included into technical primary processing of marine ships' observations received in KGM-15 type log books.

Keywords: marine ships' observations, primary processing, quality control algorithms, sea surface temperature, log books.

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

UDC 681.3.06:551.5

About development and improvement of technology of roughing-out of meteorological information of posts. Pravosudko T.P., Somova S.M., Amelchenko E.V., Volkova L.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 105–111.

This article describes the processes of increase and improving the technological and functional stages of data processing in automated system of processing regime meteorological information of posts PERSON MIP, for the period 2011–2013 years. The aspects of the modification phases of joint control of stations and posts in the PERSON MIS and the PERSON MIP and forming of complete set of tables of meteorological annual on snow-cover are examined.

Keywords: the stages of data processing, automated system PERSON MIP, the description of the processes, aspects of the modification, meteorological yearbook annual on snow-cover are examined.

Fig. 3. Ref. 3.

UDC 681.518:551.5

Information technology of forming of arrays with data of primary agro-meteorological observations in compatible format. Pravosudko T.P., Somova S.M., Amelchenko E.V., Volkova L.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 112–122.

The article describes the phases of information technology AGROJOD on complex processing of primary agro-meteorological observation stations and posts obtained by operating on observation network of Roshydromet software and technological complexes AMFD, AMFD2 and ARMAGRO to create a non-volatile storage arrays in a uniform format.

Keywords: information technology AGROJOD, software and technological complexes AMFD, AMFD2, ARMAGRO, unified storage format, of primary agro-meteorological observation archive.

Fig. 5. Ref. 3.

UDC 556.04:[556.124:556.16.06]:627.14

Data processing automation snow observations and preparation information for consumers. Gnilomedov E.V. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 123–134.

In the paper the problem of effective use of data observations in the mountains of snow-flow forecasts for periods of flooding on the mountain rivers. A brief description of the technology of adding, processing, storage and presentation of data users observations of snow cover and precipitation in the mountains.

Keywords: automation, snow cover, snow-monitoring, database, data processing.

Fig. 3. Ref. 5.

UDC 551.515.7

Assessing the risk of forest fires in Russia when climate warming will in the twenty-first century. Serstyukov B.G., Serstiukov A.B. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 135–146.

Correlations between climate change and forest fires are considered options to modify the characteristics of forest fires in two scenarios of climate change before the end of the twenty-first century.

Keywords: forest fires, climate change, the index Nesterov, climate scenarios.

Fig. 8. Ref. 7.

UDC 551.583:551.345

Long-term trends and changes of soil temperature of recent decade in the permafrost zone of Russia. Sherstiukov A.B. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 147–156.

Research of changes of mean annual soils temperature at depth 320 cm and their thawing depths in the territory of Russian permafrost during 1963–2011 is made. Tendencies of changes of these parameters for the last five decades and separately – tendencies of the beginning of the XXI century are revealed.

The short description of the daily data set of soil temperature at depths up to 320 cm and the data set of soil seasonal thawing depth on meteorological stations of the Russian Federation which were used in this research is presented.

Keywords: climate change, permafrost, soil temperature, soil thawing.

Fig. 7. Ref. 19.

UDC 551.558+551.465.7+550.3

Global factor of natural fluctuations of regional climate based on the analysis of the air temperature in Eurasia. Sherstyukov B.G., Salugashvili R.S. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 157–166.

The correlation coefficients between the analysis of long-term variations in the temperature of the air in Europe and the temperature of the ocean surface in the Earth grid nodes detected significant correlations in synchronous fluctuations of the European climate and water surface temperature in different parts of the world ocean. The synchronous fluctuations in the atmosphere and ocean are consistent with changes in the speed of rotation of the Earth.

Keywords: climate variability, ocean climate, the Earth's rotation.

Fig. 4. Ref. 10.

UDC 001.893:551.5

First results of check for plagiarism in scientific publications and technical documents in the field of hydrometeorology. Kuznetsov A.A., Kazarinova M.T. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 167–174.

First results of check for plagiarism in the scientific publications and technical documents in the field of hydrometeorology are presented. An analysis of more than 1500 documents (articles, books, manuals and scientific reports) produced by scientific organizations of Russian hydrometeorological service basically for the period of 2008–2010 has been carried out.

Keywords: plagiarism, publication, scientific report, hydrometeorology, duplication.

Fig. 1. Tab. 2.

UDC 551.501:681.3

Application of up-to-date informational technologies to create meteorological database of Ukraine. Evstigneev V.P., Evstigneev M.P., Kulbida N.I., Naumova V.A., Shven N.I., Mosunova E.A. Proceedings of the RIHMI-WDC. 2014. No. 178. P. 175–184.

The first stage of creation of national meteorological archive of Ukraine on technical medium has been accomplished using up-to-date informational technologies. The structure of database has been developed and transfer of DDL data to MS SQL Server format has been done. When transferring outliers and errors correction of initial data was carrying out.

Keywords: meteorological archive, informational technologies, format.

Fig. 2. Tab. 2. Ref. 10.

Сборник научных трудов
Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Выпуск 178

Подписано к печати 08.12.2014 г. Формат 60 × 84/16.
Печать офсетная. Печ. л. 11,9. Тираж 300 экз. Заказ № 37.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД», г. Обнинск, ул. Королева, 6.