



ISSN 0201 — 9957

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды



ТРУДЫ

ВСЕРОССИЙСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ —
МИРОВОГО ЦЕНТРА ДАННЫХ

ВЫПУСК
190

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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



*Под редакцией
доктора физико-математических наук В. М. Шаймарданова*

ОБНИНСК
2023

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

Редакционная коллегия

Главный редактор д.ф.-м.н. В. М. Шаймарданов

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

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

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

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

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

В сборнике содержится ряд статей, подготовленных главным образом сотрудниками ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», по тематикам, связанным с развитием информационных технологий и систем обработки и обеспечения сохранности гидрометеорологических данных.

Значительное внимание уделено разработке и проводимым модификациям систем сбора и первичной обработки гидрометеорологических данных, широко используемых в настоящее время в сетевых организациях Росгидромета. Рассматривается проблематика обеспечения гарантированного хранения отсканированных бумажных документов Госфонда данных.

Обсуждаются вопросы изменения интенсивности воздействия опасных гидрометеорологических явлений на социально-экономическую систему, методологические проблемы оценки экономической полезности гидрометеорологической информационной продукции.

Сборник будет полезен широкому кругу специалистов, заинтересованных в информации об обработке гидрометеорологических данных, обеспечении их миграции в машиночитаемую среду, сохранности данных.

The collection contains a number of articles prepared mainly by employees of the Federal State Budgetary Institution «RIHMI-WDC», on the topics related to the development of information technologies and systems for processing and ensuring the safety of hydrometeorological data.

Considerable attention is paid to the development and ongoing modifications of the systems for collecting and primary processing of hydrometeorological data, which are currently widely used in the network organizations of Roshydromet. The problem of ensuring the guaranteed storage of scanned paper documents of the State Data Fund is considered.

Issues of changing the intensity of the impact of hydrometeorological hazards on the socio-economic system and the methodological problems of assessing the economic usefulness of hydrometeorological information products are discussed.

The collection will be useful to a wide range of specialists who are interested in the information on the processing of hydrometeorological data, ensuring their migration into a machine-readable environment, and data safety.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Колесников Е.В., Шаймарданов В.М.</i> О программных средствах и алгоритмах технологии обеспечения гарантированного хранения отсканированных бумажных документов ЕГФД.....	5
<i>Шевченко А.И.</i> Создание базы данных подробных сведений о пунктах наблюдений гидрологической сети Росгидромета по рекам и каналам.....	13
<i>Шевченко А.И., Готовченкова И.Л., Степанова Е.М.</i> Обеспечение преемственности при переходе на обработку и накопление данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам новым программным комплексом «ИВОЛГА».....	29
<i>Воробьёва Л.Н., Волкова Е.Ф., Санина А.Т.</i> Тенденция изменения интенсивности воздействия опасных гидрометеорологических явлений на социально-экономическую систему.....	38
<i>Воробьева Л.Н., Волкова Е.Ф., Рыбанова А.Ю., Фокичева А.А., Коршунов А.А.</i> Экономическая полезность использования гидрометеорологической информационной продукции в 2021 году: экономический эффект в основных видах экономической деятельности пользователей.....	53
<i>Гниломедов Е.В.</i> Прогностические оценки стока воды в половодье на реках бассейна Оби.....	65
<i>Гниломедов Е.В., Шевченко А.И.</i> Обзор опасных гидрологических явлений Ямало-Ненецкого автономного округа.....	80
<i>Сенова Л.Н., Беспрозванных А.В.</i> Структура и содержание базы данных климатологических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR.....	93
<i>Хохлова А.В.</i> Массив климатических характеристик скорости ветра в нижнем слое атмосферы по аэрологическим данным.....	114
<i>Хохлова А.В., Лавров А.С.</i> Программный комплекс для определения аэроклиматических условий рассеяния примеси в пограничном слое атмосферы по данным Реанализа.....	121
<i>Хохлова А.В.</i> Сравнение характеристик влажности воздуха, определенных по традиционным аэрологическим данным и по данным высокого вертикального разрешения.....	129
<i>Романенко Л.И., Згура А.Ю., Шевченко А.И., Троянова И.М.</i> Кроссплатформенность автоматизированного рабочего места агрометеоролога.....	135

CONTENTS

<i>Kolesnikov E.V., Shaimardanov V.M.</i> About Software Tools and Algorithms Used by the Technology Ensuring Guaranteed Storage of Scanned Paper Documents Held in the Unified State Fund of Environmental Data (USFED).....	5
<i>Shevchenko A.I.</i> Creation of a Database of Detailed Information on Observation Points of the Roshydromet Hydrological Network on Rivers and Canals	13
<i>Shevchenko A.I., Gotovchenkova I.L., Stepanova E.M.</i> Ensuring Continuity in Transition to Processing and Accumulation of Hydrological Observation Data on Rivers and Canals by New Software Complex «Ivolga»	29
<i>Vorobyeva L.N., Volkova E.F., Sanina A.T.</i> Trend for the Change in the Intensity of the Impact of Hydrometeorological Hazards on the Socio-Economic System.....	38
<i>Vorobyeva L.N., Volkova E.F., Rybanova A.Yu., Fokicheva A.A., Korshunov A.A.</i> Economic Usefulness of the Hydrometeorological Information Products Used in 2021: Economic Effect in the Main Economic Activities of Users	53
<i>Gnilomedov E.V.</i> Prognostic Estimates of Water Flow in High Water on the Rivers of the Ob' Basin	65
<i>Gnilomedov E.V., Shevchenko A.I.</i> Overview of Hydrological Hazards in the Yamalo-Nenets Autonomous District.....	80
<i>Senova L.N., Besprozvannykh A.V.</i> The content and structure of the database tables with climatological observations arriving via communication channels in the BUFR code	93
<i>Khokhlova A.V.</i> Dataset of Wind Speed Climatic Characteristics in the Lower Layer of the Atmosphere Obtained from Upper-air Data	114
<i>Khokhlova A.V., Lavrov A.S.</i> A Software Package for Determining the Aeroclimatic Conditions of Impurity Diffusion in the Atmosphere Boundary Layer Based on Reanalysis Data	121
<i>Khokhlova A.V.</i> Comparison of Air Humidity Characteristics Determined from Traditional Aerological Data and from High Vertical Resolution Data	129
<i>Romanenko L.I., Zgura A.Yu., Shevchenko A.I., Trojanova I.M.</i> Cross-platform Automated Workstation of an Agrometeorologist-Observer	135

УДК 004.9

О ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВАХ И АЛГОРИТМАХ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОГО ХРАНЕНИЯ ОТСКАНИРОВАННЫХ БУМАЖНЫХ ДОКУМЕНТОВ ЕГФД

Е.В. Колесников¹, В.М. Шаймарданов²

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

¹ ekolesnikov@meteo.ru, ² vlad@meteo.ru

Введение

К настоящему времени во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных (ВНИИГМИ-МЦД), который выполняет функции мировых центров данных по метеорологии и по океанографии, а также Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, накоплено большое количество информационных ресурсов по различным видам наблюдений в области гидрометеорологии и смежных с ней дисциплин как по территории РФ, так и другим регионам земного шара [1]. Очень большой объем данных хранится на бумажных носителях, который накоплен за ранний исторический период. Доступ к такой информации затруднён, а также по истечении определённого периода времени бумажные носители изнашиваются, что приводит к потере данных, поэтому задача переноса информации с них на современные технические носители является крайне актуальной. Основным способом перевода данных с бумажных документов на технические носители является сканирование с последующим индексированием и записью в автоматизированную архивную систему для долговременного хранения [2]. Одной из важных задач данной работы является разработка технологии перезаписи данных с бумажного носителя на технический и их консолидация в электронном архиве.

На сегодняшний день наиболее быстрым и эффективным способом перевода информации в электронный вид является процесс сканирования бумажных документов.

На начальном этапе во ВНИИГМИ-МЦД была разработана технология, с помощью которой был получен первый опыт при переводе бумажных документов в электронный вид [3]. В [4] представлена схема сканирования информации с листовых материалов. Для выполнения данной задачи используется система массового ввода документов и сформированы технологические цепочки по формату и типу документов.

Описание технологического процесса

В настоящее время, накопив опыт, технология сканирования была модернизирована [5]. Для этого был организован участок сканирования бумажных документов, где используются шесть промышленных сканеров. Перед сканированием проводится подготовка документов – обеспыливание, проверка документов на физические повреждения, а также комплекс работ по реставрации бумажных документов в случае необходимости. Далее формируется индекс документа, который содержит всю необходимую информацию для дальнейшей работы. Сформированный индекс представляет собой набор метаданных, которые в полной мере идентифицируют и описывают каждый отсканированный документ, помещённый в архивную систему.

Описанные выше процессы работы с бумажными документами ЕГФД реализованы в автоматизированной информационной системе Электронный фонд отсканированных документов (АИС ЭФОД) [5]. АИС ЭФОД предоставляет инструменты для каждого из этапов сканирования бумажных документов ЕГФД.

АИС ЭФОД является многопользовательской системой и содержит следующие роли управления:

- администратор системы;
- аналитик;
- технолог;
- контролёр документов;
- контролёр образов;

- специалист группы сканирования (сканировщик);
- индексатор;
- верификатор;
- эксперт.

Функционал, который выполняет каждую роль, распределён по нескольким АРМам, каждый из которых предназначен для выполнения определённых функций:

- АРМ специалиста предварительной обработки документов;
- АРМ технолога, который позволяет формировать список документов, отобранных для коррекции метаданных;
- АРМ контролёра документов, который обеспечивает отображение различных списков;
- АРМ специалиста группы сканирования, который даёт возможность отметки о её начале/завершении;
- АРМ индексатора предоставляет интерфейс, который обеспечивает параллельную индексацию одного и того же документа разными индексаторами, а также предоставляет возможность внести значения атрибутов в её карточку для сохранности;
- АРМ администратора, который предоставляет возможность работы с системой, включая:
 - редактирование справочных данных;
 - управление пользователями системы и их ролями, профилями сканеров и т.д.;
- АРМ аналитика, который предоставляет возможность вывода на печать или экран всех статистических отчётов, предусмотренных в системе.

• АРМ верификатора позволяет сотруднику сформировать список документов, отобранных для коррекции метаданных, открыть на редактирование документ из списка, просмотреть метаданные, введённые каждым из индексаторов, указать какой вариант является правильным, либо задать свой вариант, сохранить документ.

Первым этапом работ по оцифровке бумажного фонда данных является подготовка документов для сканирования. Для этого составляется опись бумажных документов, в соответствии с которой документы извлекаются из архивохранилища для проведения мероприятий по подготовке и передаче на участок сканирования.

Контролёр документов получает из архива по описи набор документов, подготовленных архивариусом для перевода в электронный вид и транспортирует его к месту выполнения сканирования. Далее происходит распределение полученных документов. Документы передаются непосредственно на сканирование либо на расшивку, если это необходимо. По завершению этих процессов, сканировщик получает комплект документов, которые необходимо отсканировать.

По завершению сканирования контролёр документов получает информацию в своём АРМе о завершении сканирования комплекта. В случае, если документ из партии был расшит, то он перемещается на место для сшивки и после этого формируется опись документов, которые необходимо вернуть в архивохранилище. По данной описи контролёр документов передаёт, а архивариус принимает документы. Таким образом происходит возврат документов в архив.

Следующим этапом по продолжению сканирования является проверка электронных образов. На этом этапе контролёр образов, в своём АРМе проверяет насколько качественно была выполнена работа по сканированию документов ЕГФД. Если какой-либо образ отсканирован некорректно и не отвечает требованиям, то контролёр образов корректирует изображения в ручном режиме, используя специальный графический редактор. Как только документ будет соответствовать всем требованиям сканирования, он передаётся на следующий этап – индексирование.

На этом этапе пользователь с ролью индексатор, используя функционал соответствующего АРМа, начинает индексировать доступные ему документы. Индексация – это заполнение формы, которая представлена как совокупность атрибутов (метаданных), которые характеризуют электронный образ бумажного документа.

Как только метаданные будут сформированы, документ передаётся верификатору. Верификатор проверяет описание документа. По завершении анализа описания, верификатор формирует отчёт о качестве индексирования и передаёт информацию о работе конкретного индексатора технологту всего процесса сканирования.

Далее верифицированные документы загружаются в автоматизированную архивную систему для долговременного хранения и становятся доступными для удалённого поиска по запросам пользователей.

Для оценки качества результатов сканирования и индексации к работе подключается пользователь с ролью эксперт. Используя соответствующий АРМ, эксперт получает доступ к списку загруженных документов и начинает проверку качества. Его задача заключается в проверке качества получившихся изображений отсканированных документов на соответствие требований и проверка метаописаний. В случае появления замечаний со стороны эксперта документы направляются на доработку контролёру образов и верификатору с описанием выявленных проблем.

Схематично описанные выше процессы работы технологии сканирования бумажных документов ЕГФД представлены на рис. 1.

Описание программно-аппаратных средств

Далее рассмотрим системную архитектуру. На рис. 2 представлена программно-аппаратная архитектура АИС ЭФОД, которая состоит из следующих компонентов:

- средств хранения файлов различного типа;
- контрольно-принимающей системы;
- среды обеспечения сетевого взаимодействия компонентов.

Средства хранения файлов подразделяются в зависимости от их назначения – это может быть ленточная библиотека для долговременного хранения электронного архива или система хранения данных (СХД), обладающая более быстрой по скорости доступа памятью для хранения документов, к которым чаще всего обращаются пользователи.

База данных с метаданными предназначена для хранения описаний отсканированных бумажных документов со ссылками на каталог файлов с электронными копиями различных видов бумажных документов.

Контрольно-принимающая система (КПС) представляет собой непосредственно программные компоненты АИС ЭФОД,

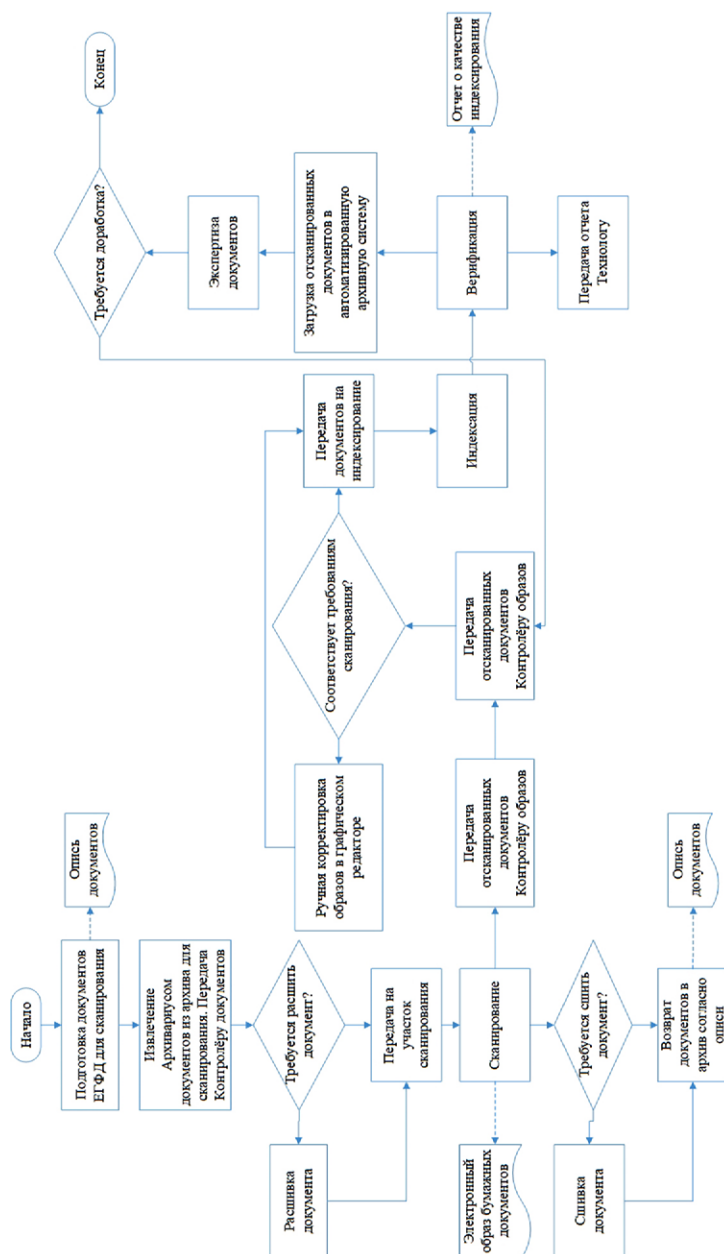


Рис. 1. Схема (алгоритм) работы технологии сканирования бумажных документов ЕФГД

обеспечивающие реализацию функций обработки и подготовки данных для последующего их хранения на средствах, описанных выше.

Среда обеспечения сетевого взаимодействия предназначена для коммутации структурных компонентов системы между собой с целью передачи необходимых данных.

Ниже, на рис. 3, представлена укрупнённая структура КПС. Она состоит из двух подсистем: подсистемы непосредственной оцифровки бумажных носителей и подсистемы платформы хранения электронных документов. Связь между двумя подсистемами для пользователя обеспечивается соответствующим интерфейсом. Данные подсистемы реализуют функционал описанных выше АРМов пользователей АИС ЭФОД.



Рис. 2. Программно-аппаратная архитектура АИС ЭФОД



Рис. 3. Схема взаимодействия подсистем АИС ЭФОД

Заключение

В настоящей статье представлено описание текущего положения фонда бумажных документов Росгидромета, обозначены проблемы и способы их решения, а также описана автоматизированная информационная технология электронного фонда оцифрованных архивных бумажных документов Росгидромета. Данная технология активно эксплуатируется во ВНИИГМИ-МЦД и в нескольких управлениях Росгидромета, что способствует в ближайшие годы переводу фонда данных на бумажных носителях в электронный вид.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ведение ЕГФД*, архивация данных, обслуживание данными и информацией ЕГФД. Сведения о составе Госфонда Росгидромета. URL: <http://meteo.ru/egfd/142-about-egfd>. (дата обращения: 15.05.2023).
2. *Шаймарданов В.М., Шаймарданов М.З.* Развитие автоматизированной архивной системы Росгидромета // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 36. С. 60–66.
3. *Колесников А.Е., Шаймарданов В.М.* Технология оцифровки данных с бумажных носителей // Труды ГГО им А.И. Воейкова. 2012. № 566. С. 234–245.
4. *Шаймарданов В.М.* Обеспечение сохранности данных, накопленных на бумажных носителях, и организация обслуживания // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. 2011. № 563. С. 191–196.
5. *Колесников Е.В., Шаймарданов В.М.* Создание автоматизированной информационной технологии сканирования бумажных документов Росгидромета // Успехи кибернетики. 2022. Т. 3, № 1. С. 28–38.

УДК 556.043:681.3.016

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОДРОБНЫХ СВЕДЕНИЙ О ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ РОСГИДРОМЕТА ПО РЕКАМ И КАНАЛАМ

А.И. Шевченко

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

Введение

Наземная наблюдательная сеть Росгидромета, состоящая из гидрометеорологических станций и постов различных видов и разрядов, является неотъемлемым компонентом глобальной наблюдательной сети и в соответствии с Федеральным законом «О гидрометеорологической службе» призвана обеспечивать непрерывность, достоверность и качество наблюдений, а также интеграцию и сопоставимость с внутригосударственными и международными системами.

Наземная гидрологическая наблюдательная сеть (ГНС) входит в состав наземной наблюдательной сети Росгидромета.

Общегосударственная гидрологическая сеть является основой системы государственного мониторинга поверхностных водных объектов. Для её функционирования в Росгидромете существует общегосударственный технологический комплекс под общим названием «Система гидрологических наблюдений» [1].

По видам наблюдений ГНС подразделяется на основную и специализированную. К основной сети относятся пункты наблюдений на реках и каналах, озёрах и водохранилищах. К специализированной сети относятся воднобалансовые и болотные станции, пункты наблюдений за испарением с водной поверхности, почвы и снежного покрова.

Основные задачи, которые выполняет ГНС – проведение регулярных гидрологических наблюдений, выполнение наблюдений

за опасными явлениями, обработка результатов наблюдений, обеспечение органов власти, отраслей экономики и населения информацией о состоянии водных объектов. В целом основные задачи наблюдательной сети заключаются в обеспечении безопасности населения и экономической деятельности, а также сохранении и улучшении экологического состояния водных ресурсов.

Для успешного решения задач гидрологическая сеть должна соответствовать определённым требованиям к численности и расположению постов в бассейне рек, их оснащённости для проведения измерений, требованиям к программе наблюдений. Часть этих требований изложена в нормативных документах о проектировании наблюдательной сети, в том числе и в рекомендациях ВМО [2].

В настоящее время гидрологическая наблюдательная сеть Росгидромета насчитывает около 3000 действующих пунктов наблюдений (постов), часть из которых являются реперными (предназначены для изучения многолетних и вековых изменений гидрологического режима рек и водоёмов под влиянием изменений климата и хозяйственной деятельности), часть – основными (обеспечивают территориальную детализацию характеристик гидрологического режима) и часть – дополнительные (предназначены для учёта местных особенностей режима водных объектов, организуются для решения конкретных задач) [3]. Часть реперных гидрологических постов имеют непрерывный период наблюдений более 100 лет. С течением времени менялись средства наблюдений за гидрологическими параметрами, изменялась методика обработки данных и подготовка справочных изданий водного кадастра, особенно на это повлияла автоматизация сбора и обработки результатов наблюдений [4, 5].

Основным источником подробной информации о пункте гидрологических наблюдений на реках и каналах является техническое дело речного гидрологического поста и созданный на его основе электронный технический паспорт речного гидрологического поста.

Техническое дело гидрологического поста ведётся по каждому посту с начала его работы. Это бумажный документ, где ведётся подробная информация и его история с описанием поста, включая:

- основные характеристики поста (название водосбора, название водотока, наименование, координаты поста, высота нуля графика, система высотных отметок и др.);
- сведения об оснащённости;
- схематический план местности и описание створа;
- программа и сроки наблюдений;
- сведения о наблюдателях поста;
- оценки погрешностей измерения гидрологических характеристик;
- антропогенное воздействие на природную среду и режим реки на участке поста, и многое другое.

Информация в техническом деле поста плохо структурирована и формализована. Фрагмент технического дела представлен на рис. 1.

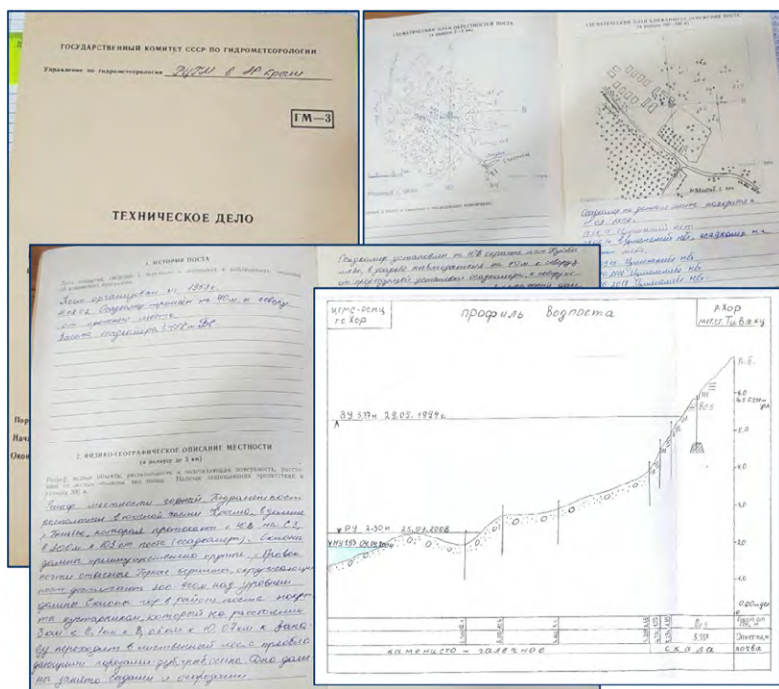


Рис. 1. Фрагмент технического дела речного гидрологического поста

При разработке электронного технического паспорта информации попытались формализовать и представить в виде набора таблиц. Была разработана программа для ведения совмещённой электронной формы паспорта и технического дела гидрологического поста «ТЕХПАСПОРТ-ГП». Программа разработана совместно специалистами ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «ГГИ» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019660944, дата регистрации – 26.06.2019). Электронный технический паспорт является локальным программным обеспечением для редактирования электронных таблиц с файловой системой хранения. Электронный технический паспорт содержит около 30 формализованных таблиц справочной информации (рис. 2).

Основным источником сведений о данных наблюдений за гидрологическими параметрами являются гидрологические справочники водного кадастра [5]. С 1936 года начата регулярная публикация наиболее часто используемых различными организациями при решении разнообразных задач результатов ежегодных наблюдений за режимом водных объектов в справочнике «Гидрологический ежегодник» (ГЕ).

По мере накопления данных гидрологических наблюдений в шестидесятые годы дополнительно начата публикация справочного издания многолетних данных «Основные гидрологические

The screenshot displays the 'Паспорт гидрологического поста' (Hydrological Post Passport) software interface. It features several data entry tables:

- Таблица 1: Основные сведения по гидрологическому посту** (Main information about the hydrological post). This table includes fields for the post name, location, and coordinates.
- Таблица 2: Сведения об изменении отметок нуля гидрологического поста** (Information about changes in the zero mark of the hydrological post). This table tracks changes in the zero mark over time.
- Таблица 3: Сведения о состоянии приема данных поста** (Information about the state of data reception at the post). This table provides details on data reception status.
- Таблица 4: Сведения об изменении отметок нуля гидрологического поста** (Information about changes in the zero mark of the hydrological post). This table tracks changes in the zero mark over time.

The interface also includes a sidebar with navigation options and a main window for data entry. The data is organized into columns and rows, with some cells containing specific values and others being empty for input.

Рис. 2. Экранные формы программного комплекса «ТЕХПАСПОРТ-ГП»

характеристики» (ОГХ). С конца семидесятых годов материалы государственного учёта вод предоставляются пользователям в виде публикаций в табличной форме в справочных изданиях «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (ЕДС)».

Все вышеперечисленные источники являются необходимыми для оценки надёжности получаемых данных наблюдений и измерений, корректировки программ наблюдений в соответствии с требованиями к гидрологической информации и задачами модернизации средств и методов наблюдений.

Предметом этой статьи является описание идеи и технических решений создания централизованной базы данных сведений о наблюдательной сети по рекам и каналам для её анализа, как для задач мониторинга состояния и развития сети, так и для проведения инженерных гидрометеорологических изыскательских работ и научных исследований гидрологического режима рек по территории РФ.

Создание концептуальной модели представления данных подробных сведений о составе гидрологической сети

Для создания единой централизованной базы данных, объединяющей сведения всех электронных технических паспортов (ЭТП), необходимо было разработать модель представления данных. Анализ таблиц, содержащихся в ЭТП, показал, что некоторая информация в них дублируется, связь между таблицами в большинстве случаев отсутствует, нет единого принципа построения таблиц, внесение любых изменений в структуру представления данных ЭТП приводит к большим изменениям в программном комплексе «ТЕХПАСПОРТ-ГП». Электронный технический паспорт содержит 13 разделов, которые состоят из одной или нескольких таблиц, где помещена разнородная информация (таблица).

В связи с этим повторять в реляционной базе данных модель данных, близкую к структуре таблиц ЭТП, виделось не рациональным, такая база данных (БД) будет трудно масштабироваться при добавлении новых типов сведений, что приведёт к изменению программных средств по работе с этой базой данных. В связи с этим выбрана иерархическая модель данных. Иерархическая модель данных удобна для работы с иерархически упорядоченной

информацией, организуя данные в отношениях родитель – потомок. В виде такой структуры как раз можно представить электронный технический паспорт. Недостатком иерархической модели перед реляционной является её громоздкость для обработки информации с достаточно сложными логическими связями, а также сложность понимания для обычного пользователя. Но в связи с тем, что база данных не предполагает хранение огромного количества данных, которыми она регулярно пополняется, как, например, база данных результатов наблюдений в течение долгого периода времени, быстродействием доступа к данным было решено пожертвовать в пользу универсальности представления данных.

Т а б л и ц а

Часть разделов электронного технического паспорта

Название раздела	Название таблицы
Основные сведения по гидрологическому посту	Основные сведения по гидрологическому посту
Описание участка поста	Местоположение поста относительно характерных ориентиров
	Описание долины на участке поста
	Описание поймы на участке поста
	Описание русла
	Характеристика руслового и водного режима
Высотная привязка поста	Сведения о высотной привязке реперов поста
	Сведения об изменении отметок нуля гидрологического поста
Сведения об уровненном режиме	Уровненный пост – основные сведения
	Устройство уровненного поста
	Действующие значения приводок уровнемерных устройств поста
	Данные последних десяти нивелировок уровнемерных устройств
	Сведения об уровнемерных устройствах непрерывного действия
	Сведения об уровненном режиме
	Сроки наблюдения за уровнем воды
Измерения расхода воды	Данные нивелировки поперечного профиля в основном гидрометрическом створе до максимального исторического уровня воды
	Оборудование гидрометрического створа
	Средства измерения глубины потока
	Средства измерения скорости потока

характеристики и др. Все они являются информационными объектами с определёнными правилами взаимодействия (рис. 5).

Ниже приведены определения информационных объектов, которые применяются для описания электронного паспорта гидрологического поста в новой модели представления данных.

Подразделение – подразделение наблюдательной сети Росгидромета, например: УГМС, ЦГМС, гидрологический пост.

Оборудование – материальный ресурс, обеспечивающий напрямую или косвенно проведение наблюдений в пункте наблюдений (на гидрологическом посту), например: лодка «Казанка» (рис. 4), свая металлическая винтовая ПИ-20 (СВГ-47), барботажный уровнемер PS-Light-2.



Рис. 4. Пример объекта «Оборудование» – лодка «Казанка» (слева) и объекта «Экземпляр оборудования» – лодка «Казанка» (справа)

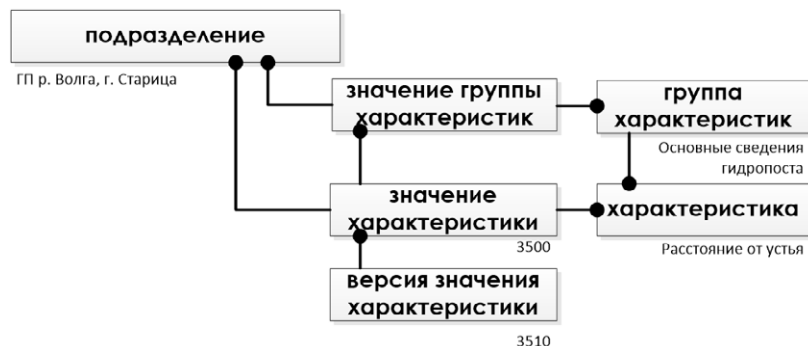


Рис. 5. Фрагмент правил взаимодействия информационных объектов

Группа оборудования – оборудование, объединённое по назначению, например: плавсредства, уровнемеры.

Экземпляр группы оборудования – материально существующие единицы оборудования, объединённые по назначению и принадлежащие конкретному подразделению.

Экземпляр оборудования – объект, которому присваивается конкретный экземпляр оборудования, например: лодка «Казанка» с заводским номером 333 на ГП р. Волга – г. Старица (рис. 4), свая металлическая винтовая ПИ-20 (СВГ-47), установленная на ГП р. Волга – г. Старица.

Характеристика – объект, используемый для описания разнообразных свойств других объектов, например: расстояние от устья (для ГП), заводской номер, дата установки.

Группа характеристик – объединение характеристик по смыслу, например: основные сведения гидрологического поста, сведения о поверке, сроки эксплуатации.

Значение группы характеристик – объект, который содержит группы конкретных значений характеристик, например: основные сведения (гидрологического поста ГП р. Волга – г. Старица).

Значение характеристики – объект, которому присваивается конкретное значение характеристики, например: для ГП р. Волга – г. Старица характеристике «расстояние от устья» будет присвоено значение 3500 м.

Версия значения характеристики – объект, который содержит старое значение характеристики, если оно изменилось с течением времени, например: расстояние от устья (ГП р. Волга – г. Старица) 3510 м (изменение внесено 25.05.2014).

Часть объектов, такие, как характеристика, группа характеристик, относятся к словарю характеристик. Такие объекты, как оборудование, группа оборудования относятся к справочнику оборудования.

Для объекта «характеристика» предусмотрено хранение разных типов данных: текстовое значение (descriptive), список из фиксированного набора значений (enumeration), численное значение (measured), дата (date), тип характеристики xml – применяется для описания сложной составной характеристики, которая включает

в себя другие словарные характеристики. Каждая характеристика типа «xml» может иметь свою уникальную структуру. Для каждой характеристики типа xml создаётся собственная xml-схема. Несмотря на то, что характеристика может иметь различный тип, значение экземпляра характеристики (поле в таблице с физической реализацией базы данных) является текстовым типом.

Хранение сведений об освещённости данными наблюдений по видам наблюдений и периодам, о водных объектах (реки и каналы) и бассейнах рек предусмотрено в отдельных таблицах, так как структура этих данных простая и их описание при помощи характеристик является нерациональным.

Электронные образы документов, такие, как фотографии, сканированные схемы расположения поста, описание постов в виде сканированных образов из гидрологических ежегодников и другие графические материалы, должны храниться в виде файлов в определённой структуре папок, а их описание – в отдельной таблице базы данных.

Реализация логической и физической модели базы данных и её наполнение информацией

Логическая иерархическая модель данных реализована при помощи реляционной базы данных. Рассмотрим логическую модель данных для объекта «характеристика», «группа характеристик», «значение группы характеристики», «значение характеристики» и «версия значения характеристики». Для описания этих объектов используется 12 таблиц.

Объект «характеристика» описывается таблицами:

- CHARACTERISTIC – содержит список характеристик;
- CHARACTERISTIC_TYPE – содержит типы характеристик;
- CHARACTERISTIC_XML_SCHEME – содержит xml-схемы сложной составной характеристики;
- CHARACTERISTIC_XML_SCHEME_ASSIGNMENT – связывает характеристику с xml-схемой;
- ENUM – содержит перечень возможных значений для характеристики перечислительного типа (enumeration);
- UNIT – содержит единицы измерения.

Объект «группа характеристик» описывается таблицами:

- CHARACTERISTIC_GROUP – содержит список групп характеристик;
- CHARACTERISTIC_ASSIGNMENT – используется для указания вхождения Характеристики в группу характеристик;
- CHARACTERISTIC_GROUP_ASSIGNMENT – используется для связи родительской (группы второго уровня) и дочерней групп характеристик (группы первого уровня).

Объект «значение группы характеристики» описывается таблицей:

- CHARACTERISTIC_VALUE_GROUP – содержит группы конкретных значений характеристики.

Объект «значение характеристики» описывается таблицей:

- CHARACTERISTIC_VALUE – содержит значения характеристик и связи с объектами, к которым эти значения характеристик относятся.

Объект «версия значения характеристики» описывается таблицей:

- CHARACTERISTIC_VALUE_VERSION – содержит версии значений характеристики и связи.

Связь таблиц на ER-диаграмме для описания объектов, связанных с характеристиками, представлена на рис. 6.

Всего база данных содержит 38 таблиц, часть из которых описывает информационные объекты, часть являются вспомогательными. Для физической реализации базы данных выбрана свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL (рис. 7). Более подробное описание всех объектов и их реализацию в реляционной модели можно найти в документации к разработанной базе данных.

Для описания базового набора состава электронного паспорта гидрологического поста в словаре характеристик содержится 25 групп характеристик и 121 характеристика. Разработана базовая и сокращённая модели представления подробной информации о гидрологическом poste с использованием набора информационных объектов, рассмотренных в статье (рис. 8).

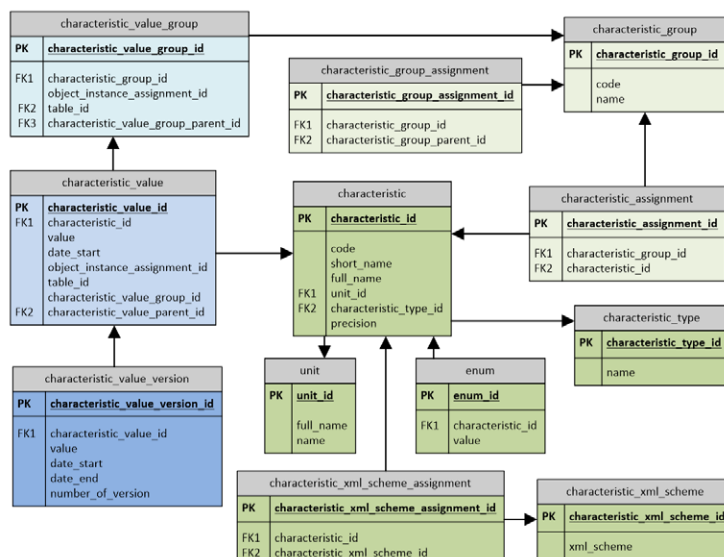


Рис. 6. Схема «сущность-связь» (ER-диаграмма) описания объектов «характеристика», «группа характеристик», «значение группы характеристики», «значение характеристики» и «версия значения характеристики»

[illegible]

Рис. 7. Список таблиц (слева) и содержание таблицы для хранения данных объекта «значение характеристики» в таблице *characteristic_value* (справа) в Приложении администрирования базы данных PGAdmin

- g12: Антропогенное воздействие на участок поста - g6: Описание участка поста - g7: Описание долины - ch29: Крутизна склона л.б. - ch30: Крутизна склона л.б. - ch30: Террасы л.б. - ch31: Террасы л.б. - ch24: Форма долины - ch24: Ширина долины л.б. - ch27: Ширина долины л.б. - g8: Описание поймы - g9: Описание русла - g10: Вулканический и водный режим - g17: Оценка поперечной ширины гидрологических характеристик - g14: Погрешность измерения глубины потока - ch116: Относительная погрешность в межень (%) - ch116: Относительная погрешность в паводок (%) - ch117: Относительная погрешность в период средней водности (%) - g19: Погрешность измерения площади водного сечения - g22: Погрешность измерения расхода элементарных наводов - g21: Погрешность измерения расхода воды - g10: Погрешность измерения скорости потока - g23: Погрешность измерения температуры - g18: Погрешность измерения уровня воды - g11: Высота привалка ГП - g4: Местоположение ГП относительно характерных ориентиров - g16: Описание геоморфологических свойств - g9: Основные сведения ГП - g1: Основные сведения подразделений - g2: Период действия пункта наблюдений - g23: Расчетные показатели по данным наблюдений - g15: Сведения об уровнях режимов - g5: Условия функционирования поста	- g3: Основные сведения ГП - ch9: Площадь водосбора - ch11: Расстояние от истока - ch29: Расстояние от устья - g1: Основные сведения подразделений - ch2: Долгота - ch1: Широта - g2: Период действия пункта наблюдений - ch6: Начало - ch7: Окончание - g15: Расчетные показатели по данным наблюдений - ch121: Вероятность наступления опасного явления высокой водности в многолетний период (%)
---	--

Рис. 8. Базовая (слева) и сокращённая (справа) модели представления подробных сведений о ГП с использованием набора информационных объектов «группа характеристик» и «характеристики»

На основании информации электронных технических паспортов, подготовленных в программе «ТЕХПАСПОРТ-ГП», как тестовый набор, в базу данных в соответствии с базовой моделью представления данных помещена информация по 58 постам Башкирского УГМС и 76 постам Приморского УГМС.

На основании каталога гидрологических постов Росгидромета по рекам и каналам в базу данных помещена информация о 8000 гидрологических постах (создано около 8000 объектов «подразделение» с типом гидрологический пост), которые действовали ранее или функционируют в настоящее время за весь период существования гидрологической сети. По этим постам помещена информация в соответствии с сокращённой моделью представления данных. По многим из этих постов отсутствовали координаты их размещения. Для установления координат выполнена объёмная работа по их определению с использованием электронных карт по их описанию, названию рек и пунктов наблюдений, справочников с гидрологической изученностью и других источников. Всего таким способом установлено местоположение более чем 4000 постов. Прежде всего координаты необходимы для визуализации расположения гидропостов на электронных картах для анализа гидрологической сети и исследования территорий при гидрологических изысканиях.

На основании справочников «Ресурсы поверхностных вод СССР» в базу данных помещена информация о более чем 135 000 водных объектах территории России с указанием их кратких характеристик, таких как название, принадлежность к бассейну, длина, площадь водосбора, количество притоков более и менее 10 км и др. В базе данных установлена связь гидропоста и водного объекта по его коду, что даёт возможность анализа освещённости данными наблюдений каждого из водных объектов.

При исследовании гидрологического режима определённых территорий и выполнении гидрометеорологических изысканий в области строительства дорог, мостов, трубопроводов и прочего, важной является информация о наличии данных наблюдений по видам наблюдений и периодам, за который они существуют по каждому из пунктов наблюдений. Для формирования таких сведений в базе данных по каждому из пунктов наблюдений были использованы электронные массивы Госфонда Росгидромета. За период с начала наблюдений до 1985 года был использован электронный массив обобщённых гидрологических характеристик, за период с 1985 по 2020 год использован массив первичных данных наблюдений. Краткая статистика о наличии данных наблюдений, полученная по электронным массивам Госфонда: расход воды измерялся на 5820 постах, уровень воды – на 5729 постах, температура воды – на 5473 постах, толщина льда – на 4946, сведения о ледовых явлениях – на 5627 постах, мутность – на 1740, гранулометрия – на 1240.

В гидрологических ежегодниках содержится описание гидрологического поста. Как правило, такую информацию публикуют каждые пять лет. Это свободный текст, где указано расположение поста, описание местности, влияние на режим реки в районе поста различных природных и антропогенных факторов, сведения об отметках поста, сведения о расположениях гидростворов и др. Эта информация также является важной при гидрологических изысканиях и выполнении расчётов по данным наблюдений. Информация подготовлена в виде графических образов описания постов с использованием отсканированных и электронных ежегодников. Всего база данных содержит около 4600 описаний постов в таком формате.

Заключение

База данных создана для централизации информации о гидрологических постах за весь период наблюдений и является основой для разрабатываемого информационного веб-портала «Гидрологическая наблюдательная сеть Российской Федерации», который востребован территориальными управлениями гидрометеорологической службы Росгидромета и научно-исследовательскими учреждениями для мониторинга и анализа гидрологической сети Росгидромета. Кроме того, эти сведения активно используются проектными организациями газовой, транспортной и других отраслей экономики для выполнения гидрометеорологических изысканий и учёными, ведущими исследования в области гидрологии поверхностных вод суши.

Модель данных обеспечивает гибкость представления и хранения информации подробных сведений о пункте гидрологических наблюдений. Для ведения словаря характеристик и конфигурации состава электронного паспорта гидрологического поста разработаны специальные программные средства администрирования, которые позволяют из заданного набора информационных объектов создать наборы шаблонов для описания поста, как в конструкторе.

База данных содержит информацию об около 8000 гидрологических постов, из которых около 3000 – действующие. Некоторые посты имеют период наблюдений более 100 лет. Данные базы могут использоваться в работе руководящих органов федерального и регионального уровней, страховых компаний, а также в оперативно-производственной и научно-исследовательской работе.

Продолжение работ в этом направлении связано с поддержанием сведений в базе данных в актуальном состоянии и формирование сведений по электронным техническим паспортам, которые подготовлены в территориальных управлениях Росгидромета в соответствии с руководящим документом 52.08.871 «Создание и ведение технического паспорта речного гидрологического поста».

К недостаткам универсальности модели представления данных в базе можно отнести сложность программирования прикладных программ для работы с ней.

База данных зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, её полное название «База данных гидрологических постов наблюдательной сети Росгидромета. Реки и каналы (HydroNet). Версия 1». Свидетельство о государственной регистрации базы данных – № 2022622391, дата регистрации в Реестре баз данных – 04 октября 2022 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуглинский В.С., Высоцкий Д.В., Яковлева Т.И. Мониторинг поверхностных водных объектов в России // Метеорология и гидрология. 2021. № 6. С. 77–88.
2. ВМО-№ 168. Руководство по гидрологической практике. Том 1: Гидрология: от измерений до гидрологической информации. Издание 2008 г. Обновлено – 2020 г.
3. Кучеренко О.Е., Аксянов Т.М., Яковлева Т.И. Современное состояние и перспективы развития гидрологической сети Росгидромета // Гидрометеорология и экология: научные достижения и перспективы развития. Труды II Всероссийской конференции. 2018. С. 385–388.
4. Яковенко Л.И., Готовченкова И.Л., Шевченко А.И. Подготовка справочных изданий водного кадастра при автоматизированной обработке данных гидрологических наблюдений // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 177–188.
5. Готовченкова И.Л., Шевченко А.И., Яковенко Л.И. Обзор изменений в методике режимной обработки данных гидрологических наблюдений на водотоках (реки и каналы) // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 220–226.
6. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции: Принципы. Технологии. Методы. Модели. М., 2003. 263 с.

УДК 556.043:681.3.016

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ОБРАБОТКУ И НАКОПЛЕНИЕ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПО РЕКАМ И КАНАЛАМ НОВЫМ ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ «ИВОЛГА»

А.И. Шевченко¹, И.Л. Готовченкова², Е.М. Степанова³

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ ashevchenko@meteo.ru, ² gil@meteo.ru; ³ stepanova@meteo.ru*

Введение

Речная гидрологическая наблюдательная сеть входит в состав наземной наблюдательной сети Росгидромета.

Общегосударственная гидрологическая сеть является основой системы государственного мониторинга поверхностных водных объектов. Для её функционирования в Росгидромете существует общегосударственный технологический комплекс под общим названием «Система гидрологических наблюдений» [1]. Неотъемлемой частью системы гидрологических наблюдений являются технологии автоматизированной обработки гидрологических данных наблюдений для подготовки материалов водного кадастра Российской Федерации и обеспечения потребителей справочно-информационной продукцией [2].

С 2010 года в Российской Федерации и Республике Беларусь сбор, режимная обработка и накопление гидрологической информации по рекам и каналам осуществляется системой РЕКИ-РЕЖИМ.

Система обеспечивает все этапы автоматизированной обработки данных гидрологических постов по рекам и каналам от первичных данных наблюдений до формирования справочников Водного кадастра с ежегодными и многолетними обобщениями.

С начала внедрения и до настоящего времени по результатам эксплуатации система модернизировалась: улучшались

[illegible]

Рис. 1. Экранные формы занесения информации по форме книжек наблюдений в системе РЕКИ-РЕЖИМ

функциональные возможности для анализа информации, оптимизировались инструменты и алгоритмы обработки данных. Система оказалась достаточно эффективной и хорошо автоматизировала работу гидрологов. В последующие годы она была внедрена в ряде стран СНГ и Монголии.

Однако система РЕКИ-РЕЖИМ требовала глубокой модернизации. Основными причинами для этого стали следующие. Работа системы под управлением операционной системы Windows, включая программный пакет Microsoft Excel, делает невозможным использование системы на базе программного обеспечения, входящего в реестр российских программ для ЭВМ. Ограничены возможности использования данных наблюдений, поступающих по автоматизированным каналам связи. В основном используется ручной ввод данных с книжек наблюдений. Структура хранения данных не позволяет малыми трудозатратами модернизировать действующие программы для обработки большого количества данных, а также данных учащённых наблюдений. Отсутствует возможность осуществлять контроль текущей гидрологической информации в онлайн-режиме. Сложность в поддержании актуальной

версии системы на рабочих станциях, поскольку она реализована как локальное настольное приложение и механизмы централизованного обновления системы отсутствуют.

В настоящее время в основном завершена разработка программного комплекса «Иволга», предназначенного для сбора, анализа и обработки гидрологических данных, подготовки информационной продукции и доведения её до потребителя [3].

ИВОЛГА
Регион: Псковские данные | Данные наблюдений | Графики | Экспертные расчеты | Газовая обработка | Карты | Формирование отчетов | Файлы | shchurbenko [x] Язык

19050 - р.Иволга - с.Березовка | Селективные | Ледовые | Мутность | Расход | Промысловый улов | Гидрометеорология | Исходные таблицы

Всего данных: 08:00 08:00 и 20:00 20:00 | датчик: | Q | B | S

Настроить график из распада воды | Показать график | Показать график | Показать график | Показать график

Дата	Время	И.У. (станция)	КСВО (Над водопользователем)		КСВО (Над водопользователем)		Т. воды, °C		Т. воздуха, °C		Осадки	КСВО (Над водопользователем)		КСВО (Над водопользователем)		КСВО (Над водопользователем)	
			код	мет-ты	код	мет-ты	код	мет-ты	код	мет-ты		код	мет-ты	код	мет-ты	код	мет-ты
07.08.2020	20:00	173	623 - Расход	✓	✓	✓	✓	27.8	25	/		✓	✓	✓	✓	✓	✓
08.08.2020	08:00	167	623 - Расход	✓	✓	✓	✓	21.8	18.6	/		✓	✓	✓	✓	✓	✓
08.08.2020	20:00	167	623 - Расход	✓	✓	✓	✓	27.4	23.5	2.1	1 - Жидкое	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09.08.2020	08:00	160	563 - Ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓				1 - Жидкое	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09.08.2020	20:00	163	564 - Ледовый неплыв с льдом (продольный, поперечный)	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
09.08.2020	20:00	163	565 - Ледовый неплыв с льдом (продольный, поперечный)	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.08.2020	08:00	162	566 - Ледовый неплыв с льдом (продольный, поперечный)	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.08.2020	08:00	162	567 - Ледовый неплыв с льдом (продольный, поперечный)	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.08.2020	20:00	163	570 - Приток в ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓				1 - Жидкое	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.08.2020	08:00	166	571 - Ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.08.2020	08:00	166	572 - Ледовый неплыв (ледовый неплыв)	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.08.2020	08:00	166	573 - Ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.08.2020	20:00	168	574 - Лед на дне	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	08:00	171	575 - Ред. прочерки	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	08:00	171	576 - Ред. прочерки (разрушение (разрушение, повреждение и др. техническими средствами))	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	20:00	169	577 - Наводнение вода	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	08:00	168	600 - Чистота	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	08:00	168	611 - Ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.08.2020	20:00	171	614 - Закон ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
13.08.2020	08:00	171	615 - Закон ледовый неплыв	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
14.08.2020	08:00	174	622 - Расходность у берегов	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
14.08.2020	08:00	174	623 - Расходность у берегов	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓
14.08.2020	20:00	175	623 - Расход	✓	✓	✓	✓	20.2	15	17.6	1 - Жидкое	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Справка

Рис. 2. Экранные формы занесения информации в системе «Иволга»

Новый программный комплекс соответствует современному уровню развития компьютерных технологий: он имеет клиент-серверную архитектуру, реализован по технологии «тонкого» клиента, имеет централизованное хранение данных, взаимодействие с пользователем осуществляется исключительно через браузер и одновременно соответствует действующим методическим требованиям к обработке гидрологической информации, сохраняя преемственность с системой РЕКИ-РЕЖИМ.

1. Обеспечение преемственности технологий при внедрении в части сбора и обработки данных наблюдений

Оптимальным решением на этапе внедрения является сохранение возможности использования системы «РЕКИ-РЕЖИМ» как резервной. Необходимость в этом может возникнуть прежде

всего по причине того, что архитектура системы «Иволга» требует наличия стабильного интернет-соединения клиентских машин пользователей с сервером, что является её узким местом, поскольку доступ к интернет-сети в некоторых организациях Росгидромета не всегда достаточен для обеспечения устойчивой связи, а также не исключён и сбой самой системы «Иволга».

Кроме того, надо учитывать консерватизм пользователей при внедрении новых систем. Пользователи привыкли к старой системе, и некоторые из них не хотят тратить время и усилия на обучение новой. Поэтому совместимость и возможность параллельного использования отдельных этапов систем сделает переход к использованию «Иволги» менее трудным для пользователей.

Одна из базовых задач при внедрении и обеспечении преемственности систем – предварительное наполнение базы данных «Иволги» данными наблюдений гидрологических постов всех УГМС за несколько лет. Это обеспечит плавный переход от системы РЕКИ-РЕЖИМ к программному комплексу «Иволга», облегчит для пользователей обучение и переход к работе с новой системой.

Форма хранения и структура данных в программном комплексе «Иволга» принципиально отличается от системы РЕКИ-РЕЖИМ. Обмен данными между модулями в системе «Иволга» реализован в формате XML.

При разработке XML-документа, который используется для внутреннего обмена данными в системе «Иволга», были учтены недостатки структуры хранения гидрологических данных в ЯОД-файлах, которые используются в системе хранения РЕКИ-РЕЖИМ. К таким недостаткам можно отнести дублирование некоторых данных, ограниченное количество записей для срочных наблюдений.

Необходимо подготовить массивы данных в XML-формате для последующей автоматизированной загрузки в базу данных системы «Иволга» программными средствами, входящими в эту систему.

Для этой цели разработаны программные средства «обратного» реформатирования из ЯОД-файлов в формат, пригодный для включения в базу данных. В процессе разработки таких средств

возникло множество сложностей. В первую очередь это связано с принципиально иной схемой организации и структурирования данных, не для каждого типа данных возможно однозначно сопоставить элементы ЯОД-файлов с элементами и атрибутами в XML-документе «Иволги». Кроме того, в процессе эксплуатации разработанных программных средств для подготовки массивов данных выявлено ряд несоответствий, нестыковок и ошибок, которые допускают пользователи, но система РЕКИ-РЕЖИМ их не выявляет. Часть этих несоответствий в новом программном комплексе исключается именно благодаря другой организации данных.

Множество ошибок в подготавливаемых массивах данных для загрузки в формате XML обнаружено на этапе проверки данных на соответствие структуре, модели содержания и типу данных на основании разработанной специалистами ВНИИГМИ-МЦД схемы XML (Schema XML). Разработаны программные средства, позволяющие осуществлять массовую проверку файлов на соответствие схеме XML. Программные средства переформатирования из ЯОД-файлов в формат XML и их массовой проверки разработаны специалистами ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» не являются частью системы «Иволга».

Кроме соответствия схеме XML, подготавливаемые массивы данных проходят массовую месячную и годовую обработку через модули системы «Иволга», в результате которой выявляются дополнительные ошибки как в данных, так и в работе самих модулей обработки. Таким образом выполняется дополнительное тестирование модулей новой системы, что обеспечивает лучшую совместимость программных продуктов в части методики обработки данных.

На первом этапе – до начала внедрения на сети Росгидромета – планируется подготовить и загрузить в базу данных программного комплекса «Иволга» данные наблюдений за последние три года.

Важно и то, что технология преобразования данных из формата ЯОД в формат «Иволги» даст возможность обработки данных в обеих системах в переходный период.

2. Преемственность в пополнении Госфонда данными текущих гидрологических наблюдений

Все данные наблюдений и измерений, а также результаты обработки в программном комплексе «Иволга» хранятся в единой централизованной базе данных.

При переходе на использование программного комплекса «Иволга» очень важно сохранять преемственность в пополнении текущей гидрологической информацией по рекам и каналам Госфонда Росгидромета в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Для этого необходимо:

- сохранить действующий формат хранения данных, соответствующий отраслевому стандарту ЯОД [4];
- не допустить увеличения сроков поступления данных в Госфонд;
- обеспечить полноту поступления данных по всем действующим постам в соответствии с программой наблюдений на каждом посту;
- обеспечить контроль качества данных наблюдений на разных этапах подготовки и обработки данных.

Для сохранения действующего формата обработки программный комплекс «Иволга» имеет средства преобразования годовой порции информации в формат ЯОД.

После подготовки всего объёма информации по УГМС за отчётный год должна осуществляться проверка полноты и качества информации по каждому посту. В формат ЯОД для включения в Госфонд должна переводиться только информация, прошедшая контроль полноты и качества. Для этого специалистами ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» разрабатываются программные средства контроля полноты и качества данных в системе «Иволга», базирующиеся на алгоритмах программных средств системы РЕКИ-РЕЖИМ.

Результаты проверки должны быть доступны как специалисту, отвечающему за передачу данных в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», так и специалисту ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», принимающему гидрологические данные.

Автоматизированная проверка полноты и качества данных должна включать в себя следующие этапы:

- гидрологическая информация должна быть занесена за все месяцы года, причём если данный вид информации (уровень воды, температура воды, состояние водного объекта, температура воздуха, осадки) наблюдался в какой-либо месяц, то должны быть наблюдения за этим элементом во все дни месяца;
- должна быть проведена месячная обработка информации за все месяцы года;
- если в данных наблюдений на гидрологическом посту за отчётный год есть измеренные расходы воды, то должны быть рассчитаны ежедневные расходы воды.

Кроме того, должны быть определены и проконтролированы все элементы, которые необходимы для получения качественных материалов водного кадастра.

3. Обеспечение возможности получения материалов водного кадастра для обслуживания потребителей

В справочники водного кадастра «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» [5] и «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» [6] входят обобщённые данные за весь период наблюдений на гидрологическом посту. Для обслуживания потребителей гидрологической информации также необходимы данные за весь период наблюдений. В системе «Иволга» существуют программные средства формирования таблиц по форме этих справочников в формате Excel и html.

Для получения этих материалов система РЕКИ-РЕЖИМ использует электронный архив обобщённых гидрологических характеристик (ОГХ), который представляет собой определённым образом организованную совокупность текстовых файлов [7]. Фактически архив содержит результаты годовой обработки информации за каждый год наблюдений.

Чтобы сохранить возможность в получении справочников водного кадастра и обслуживании потребителей новой системой, необходимо обеспечить загрузку всего объёма информации, содержащегося в электронном архиве обобщённых гидрологических характеристик за весь период наблюдений в формате

РЕКИ-РЕЖИМ, в базу данных системы «Иволга». Для этого необходимо преобразовать данные ОГХ в XML-формат, который может быть загружен в базу данных «Иволги». Для преобразование электронного архива ОГХ в XML-формат специалистами ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» разработаны специальные программные средства. Для загрузки данных в систему «Иволга» может быть использована REST-функция, которая является составной частью системы «Иволга».

Заключение

Переход на обработку гидрологических наблюдений по рекам и каналам новой системой «Иволга» повлечёт за собой переработку руководящего документа РД 52.19.704–2013 «Краткие схемы обработки гидрометеорологической информации» в части схемы автоматизированной обработки данных наблюдений гидрологических постов по рекам и каналам. В связи с тем, что формы ввода данных в новую систему сильно отличаются от действующих бумажных форм бланков книжек наблюдений, подготовлен проект руководящего документа «Подготовка и занесение гидрологической информации по рекам и каналам в систему “Иволга”». Проект документа содержит установленные правила подготовки и занесения условно-постоянных характеристик гидрологических постов, данных наблюдений и измерений, которые производятся на этих постах, а также гидрологических параметров, определяемых вручную для годовой обработки информации.

Внедрение новой системы обработки гидрологических данных «Иволга» – важный этап развития систем сбора и обработки гидрометеорологических данных в системе Росгидромета. Внедрение системы обеспечит требования использования программного обеспечения, входящего в реестр российских программ для ЭВМ, централизовать сбор данных с использованием сети Интернет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуглинский В.С., Высоцкий Д.В., Яковлева Т.И. Мониторинг поверхностных водных объектов в России // Метеорология и гидрология. 2021. № 6. С. 77–88.
2. Яковенко Л.И., Готовченкова И.Л., Шевченко А.И. Подготовка справочных изданий водного кадастра при автоматизированной обработке данных гидрологических наблюдений // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 177–188.
3. Шевченко А.И., Готовченкова И.Л., Степанова Е.М. Разработка нового программного комплекса сбора, обработки и накопления данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам для режимных целей // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. № 188. С. 211–219.
4. Методические указания по организации гидрометеорологических данных на магнитных лентах ЕС ЭВМ. Язык описания гидрометеорологических данных / В.М. Веселов, Р.Г. Рейтенбах, В.М. Копров, В.М. Селунский. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1977. 119 с. (Утверждено ЦКПМ в 1978 г.).
5. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Раздел 1, вып. 4, ч. 1: Составление и подготовка к печати «Многолетних данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Л.: Гидрометеиздат, 1981. 80 с.
6. РД 52.19.917–2022. Подготовка справочника водного кадастра «Ежегодно-многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Часть 1: Реки и каналы. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2021. 88 с.
7. РД 52.19.896–2020. Формирование электронного архива «Обобщённые гидрологические характеристики речных гидрологических постов» на технических носителях. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2020. 106 с.

УДК 551.579+502.51

ТЕНДЕНЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

Л. Н. Воробьева¹, Е. Ф. Волкова², А. Т. Санина³

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
¹ vorobeva@meteo.ru, ² evolkova@meteo.ru, ³ nai@meteo.ru*

Введение

Во всём мире возрастает интерес к проблеме зависимости хозяйственной и производственной деятельности различных отраслей экономики, социальной сферы и их организаций от условий погоды и изменения климата. При этом условия погоды могут быть как благоприятные, когда социально-экономическая система настраивает свою деятельность наиболее оптимально и получает при этом экономическую выгоду, так и неблагоприятные, когда возникает необходимость применения защитных мероприятий, которые снижают наносимые экономические ущербы и социальные потери. Возможность успешного прогнозирования погоды способствует правильному и полезному принятию решений относительно хозяйственной и социальной деятельности страны.

От решений специалистов социально-экономической системы на основе прогнозов погоды и опасных явлений, различных обобщений гидрометеорологической информации и аналитических обобщений по климату ежедневно зависит жизнь и экономическое благосостояние миллионов людей в различных регионах России. Однако, учитывая большую территорию России, на которой наблюдаются разнообразие природных, экономических, социальных и других условий, можно отметить, что воздействие опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды (НУП) по своей интенсивности различны. В связи с этим был предложен подход, который на основе двух

(экономической и социальной составляющих) косвенных оценок интенсивности воздействия ОЯ и НУП позволяет определить наиболее опасные регионы России [1].

1. Основные аспекты тенденции изменения интенсивности воздействия опасных гидрометеорологических явлений

Предложенные в [1] подходы к оценке влияния воздействия ОЯ и НУП (как на социальную, так и экономическую систему) позволяют на основе совместного анализа социально-экономической и гидрометеорологической информации выполнять расчёты, которые могут служить косвенной характеристикой интенсивности вероятного воздействия гидрометеорологических факторов на население и экономику. Как было отмечено, чем выше плотность населения и чем большее число опасных гидрометеорологических явлений, которые наносят социальные потери, тем выше интенсивность вероятного воздействия на население. Соответственно, чем выше валовый региональный продукт (ВРП), тем более высокие экономические ущербы можно ожидать по конкретному субъекту России или экономическому району (ЭР) в целом.

С целью выявления наиболее опасных зон проявления ОЯ и НУП и тенденции их изменения за последние 20 лет проведён анализ как общего числа случаев воздействия ОЯ и НУП, так и повторяемости и плотности их проявления по территориям субъектов Российской Федерации в сравнении двух периодов 2002–2011 и 2012–2021 гг. (табл. 1). Под повторяемостью понимается величина, равная числу случаев, делённому на продолжительность периода наблюдений (в данном случае 10 лет по каждому из двух периодов); под плотностью – число случаев, делённое на площадь рассматриваемой территории для каждого субъекта РФ.

Статистика по числу случаев и плотности приведена и рассчитана по данным автоматизированной базы ВНИИГМИ-МЦД, которая в соответствии с руководящими документами и методическими указаниями Росгидромета [2] считается официальной, поскольку все сведения поступают по территории всей России из территориальных управлений Росгидромета и в дальнейшем при

необходимости пополняются из других официальных источников (в частности МЧС России).

В табл. 1 также приведены статистические данные по валовому региональному продукту за 2011 и 2021 гг. (данные Росстата, http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/# [3]), которые необходимы для расчёта оценки экономической составляющей интенсивности воздействия.

Таблица 1

Статистические данные о воздействии ОЯ и НУП на социально-экономическую систему субъектов РФ в разных экономических районах за 2002–2021 гг. (Калининградская область не включена в состав экономических районов. В соответствии с Федеральным законом № 16-ФЗ от 10 января 2006 года «Об Особой экономической зоне в Калининградской области и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» Калининградская область наделена статусом особой экономической зоны)

Субъект РФ	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	ВРП, млрд руб.	ВРП, млрд руб.
	2002–2011 гг.		2012–2021 гг.		2011 г.	2021 г.
<i>Дальневосточный ЭР</i>						
Амурская обл.	49	0,14	58	0,16	225,402	484,300
Еврейская АО	13	0,36	16	0,44	39,467	68,02
Камчатский край	56	0,12	61	0,13	114,375	277,615
Магаданская обл.	28	0,06	21	0,05	72,174	316,400
Приморский край	61	0,37	119	0,72	549,723	1283,45
Сахалинская обл.	159	1,83	127	1,46	600,248	1182,10
Хабаровский край	59	0,07	54	0,07	399,594	983,116
Чукотский АО	44	0,06	62	0,09	44,758	109,033
Республика Саха (Якутия)	43	0,01	50	0,02	486,831	1459,00
Итого	512	0,08	568	0,09	2532,572	6163,034
<i>Восточно-Сибирский ЭР</i>						
Республика Бурятия	132	0,38	177	0,50	153,624	254,473
Иркутская обл.	94	0,12	168	0,22	634,561	1753,86
Красноярский край	238	0,10	226	0,10	1170,827	3100,00
Республика Тыва	66	0,39	79	0,47	33,399	86,596
Республика Хакасия	88	1,43	89	1,44	113,088	283,004

Продолжение табл. 1

Субъект РФ	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	ВРП, млрд руб.	ВРП, млрд руб.
	2002–2011 гг.		2012–2021 гг.		2011 г.	2021 г.
Забайкальский край	173	0,40	139	0,32	203,869	517,345
Итого	791	0,19	878	0,21	2309,37	5995,278
<i>Западно-Сибирский ЭР</i>						
Республика Алтай	89	0,96	68	0,74	26,381	64,100
Алтайский край	227	1,34	292	1,73	332,118	772,60
Кемеровская обл.	161	1,68	128	1,34	751,198	1814,646
Новосибирская обл.	176	0,99	172	0,97	598,564	1525,10
Омская обл.	53	0,38	91	0,64	451,419	730,900
Томская обл.	128	0,41	109	0,35	333,886	636,545
Тюменская обл.	30	0,19	71	0,44	706,053	1360,9
Ханты-Мансийский АО	13	0,02	35	0,07	1672,164	4602,3
Ямало-Ненецкий АО	16	0,02	19	0,02	966,110	3900
Итого	893	0,36	985	0,40	5867,893	15407,09
<i>Уральский ЭР</i>						
Республика Башкортостан	62	0,43	66	0,46	941,024	2059,40
Курганская обл.	46	0,64	37	0,52	136,325	244,400
Оренбургская обл.	88	0,71	125	1,01	553,321	1238,99
Пермский край	58	0,36	50	0,31	840,101	1400,00
Свердловская обл.	66	0,34	66	0,34	1291,019	2700,00
Удмуртская Республика	37	0,88	37	0,88	335,984	790,680
Челябинская обл.	107	1,21	106	1,20	774,401	1597,47
Итого	464	0,56	487	0,59	4872,175	10030,94
<i>Волго-Вятский ЭР</i>						
Кировская обл.	108	0,90	106	0,88	195,269	452,703
Республика Марий Эл	94	4,02	34	1,45	97,323	214,026
Республика Мордовия	72	2,76	58	2,22	119,955	299,800
Нижегородская обл.	100	1,31	82	1,07	770,774	1730,6
Чувашская Республика	49	2,68	36	1,97	188,786	352,00
Итого	423	1,60	316	1,19	1372,107	3049,13
<i>Поволжский ЭР</i>						

Продолжение табл. 1

Субъект РФ	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	ВРП, млрд руб.	ВРП, млрд руб.
	2002–2011 г.		2012–2021 г.		2011 г.	2021 г.
Астраханская обл.	41	0,84	47	0,96	172,617	520,00
Волгоградская обл.	86	0,76	96	0,85	508,433	988,70
Республика Калмыкия	43	0,58	66	0,88	29,318	950,09
Пензенская обл.	50	1,15	90	2,07	213,401	493,100
Самарская обл.	140	2,61	134	2,50	834,149	1969,60
Саратовская обл.	110	1,09	148	1,46	431,028	959,30
Республика Татарстан	92	1,36	113	1,67	1305,947	3400,00
Ульяновская обл.	78	2,10	120	3,23	223,673	484,600
Итого	640	1,19	814	1,51	3718,566	6097,878
<i>Северо-Кавказский ЭР</i>						
Республика Адыгея	60	7,69	66	8,46	56,803	159,300
Республика Дагестан	194	3,86	65	1,29	330,322	815,088
Республика Ингушетия	36	10,00	32	8,89	26,858	86,000
Кабардино-Балкарская Республика	86	6,88	106	8,48	90,595	169,852
Карачаево-Черкесская Республика	77	5,38	75	5,24	49,252	109,00
Краснодарский край	245	3,25	367	4,86	1244,653	3300,00
Ростовская обл.	109	1,08	141	1,40	765,967	1950,84
Республика Северная Осетия-Алания	157	19,63	152	19,00	85,876	207,880
Ставропольский край	147	2,22	185	2,79	396,791	968,56
Чеченская Республика	61	3,91	28	1,79	86,623	238,500
Итого	1172	3,30	1217	3,43	3133,740	8005,02
<i>Центральный ЭР</i>						
Брянская обл.	41	1,17	49	1,40	174,212	447,872
Владимирская обл.	17	0,58	22	0,76	261,223	612,978
Ивановская обл.	24	1,12	21	0,98	128,905	308,880
Калужская обл.	16	0,54	20	0,67	234,749	559,200
Костромская обл.	20	0,33	29	0,48	116,630	225,900
Москва, Московская обл.	31	0,66	56	1,19	12125,56	29403,00
Орловская обл.	61	2,47	53	2,15	131,198	310,893

Окончание табл. 1

Субъект РФ	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	Число ОЯ и НУП	Плотность проявления ОЯ (НУП)	ВРП, млрд руб.	ВРП, млрд руб.
	2002–2011 гг.		2012–2021 гг.		2011 г.	2021 г.
Рязанская обл.	33	0,83	35	0,88	214,143	503,367
Смоленская обл.	20	0,40	26	0,52	180,812	398,539
Тверская обл.	43	0,51	29	0,34	255,073	550,200
Тульская обл.	25	0,97	20	0,78	279,879	780,100
Ярославская обл.	19	0,52	24	0,66	286,967	688,000
Итого	350	0,73	383	0,79	14389,36	35765,95
<i>Центрально-Чернозёмный ЭР</i>						
Белгородская обл.	66	2,44	86	3,17	507,839	1263,30
Воронежская обл.	93	1,78	134	2,57	474,973	1100,00
Курская обл.	84	2,80	110	3,67	228,851	686,623
Липецкая обл.	54	2,25	63	2,63	287,817	730,63
Тамбовская обл.	77	2,23	80	2,32	173,283	448,045
Итого	374	2,23	473	2,82	1672,763	4228,598
<i>Северо-Западный ЭР</i>						
Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	28	0,33	20	0,23	2673,626	8485,20
Новгородская обл.	19	0,35	23	0,42	153,420	303,600
Псковская обл.	15	0,27	10	0,18	100,499	244,176
Итого	62	0,52	53	0,26	2927,545	9032,976
<i>Северный ЭР</i>						
Архангельская обл.	24	0,06	15	0,053	273,686	632,386
Вологодская обл.	19	0,13	16	0,13	323,068	820,80
Республика Карелия	12	0,07	18	0,077	154,954	380,00
Республика Коми	13	0,03	11	0,033	435,959	760,20
Мурманская обл.	34	0,23	49	0,28	263,812	916,50
Ненецкий АО	7	0,04	3	0,023	165,431	337,00
Итого	109	0,07	113	0,078	1616,91	3846,89
Калининградская обл.	48	3,18	42	2,78	241,004	574,600

Из статистических данных табл. 1 видно, что наибольшее воздействие ОЯ и НУП на социально-экономическую систему России приходится на Северо-Кавказский ЭР, где их число и плотность

проявления наиболее высока по сравнению с другими: 2002–2011 гг. – 1172 и 3,3 соответственно; 2012–2021 гг. – 1217 и 3,4.

Второе место по числу воздействия условий погоды занимают Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский ЭР, в которых за последнее десятилетие произошло 985 и 878 явлений соответственно, при этом плотность проявления по этим районам за 2012–2021 гг. не самая высокая – 0,4 и 0,21.

Если рассматривать статистику числа случаев проявлений ОЯ и НУП за 2012–2021 гг. по субъектам РФ каждого из ЭР, то наибольшее их количество приходится на следующие субъекты: Краснодарский край – 367 явления (Северо-Кавказский ЭР), Алтайский край – 292 явления (Западно-Сибирский ЭР), Красноярский край – 226 явлений (Восточно-Сибирский ЭР), Сахалинская область – 127 явлений (Дальневосточный ЭР), Самарская область – 134 явления (Поволжский ЭР), Воронежская область – 134 явления (Центрально-Чернозёмный ЭР).

При сравнении двух десятилетий – 2002–2011 и 2012–2021 гг. – отмечается тенденция роста числа и плотности проявлений ОЯ и НУП за последнее десятилетие (2012–2021 гг.) по сравнению с предыдущим десятилетием почти во всех экономических районах. Наибольший рост произошёл в Поволжье и Центрально-Чернозёмном районе (на 174 и 99 ОЯ соответственно). Однако есть экономические районы, в которых произошло уменьшение числа случаев воздействия гидрометеорологических явлений на социально-экономическую систему, это Волго-Вятский ЭР (с 423 до 316), Северо-Западный ЭР (с 110 до 48) и Калининградская область (с 48 до 33).

2. Определение интенсивности воздействия ОЯ и НУП на социальную и экономическую сферу деятельности

По статистическим данным табл. 1 были рассчитаны показатели интенсивности воздействия ОЯ и НУП на население и экономику РФ, которые приведены в табл. 2.

Показатель K_1 формировался как произведение повторяемости ОЯ и НУП, отмеченных на конкретной территории, на плотность населения рассматриваемой территории. Очевидно, что

чем выше плотность населения и чем больше опасных явлений наблюдается, тем выше интенсивность возможного воздействия на население. Тем самым этот показатель оценивает социальную сферу системы России.

Показатель K_2 – как произведение среднегодовой плотности ОЯ и НУП на ВРП, и поэтому K_2 оценивает экономическую составляющую системы [1]. И самое высокое его значение приходится на Центральный ЭР, где ВРП за 2011 и 2021 гг. составил 14 389,36 и 35 765,95 млрд рублей соответственно.

Таблица 2

Результаты расчётов показателей интенсивности воздействия ОЯ и НУП на население и экономику России в разных экономических районах

Субъект РФ	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
	2002–2011		2012–2021	
Дальневосточный ЭР				
Амурская обл.	10,86	3,052	12,85	7,762
Еврейская АО	5,88	1,413	7,24	2,998
Камчатский край	3,80	1,379	4,13	3,647
Магаданская обл.	0,88	0,437	0,66	1,437
Приморский край	71,23	20,360	138,95	92,733
Сахалинская обл.	88,96	109,575	71,06	172,361
Хабаровский край	9,99	2,993	9,14	6,741
Чукотский АО	0,30	0,273	0,43	0,937
Республика Саха (Якутия)	1,34	0,679	1,56	2,366
Итого	51,31	21,018	56,92	56,741
Восточно-Сибирский ЭР				
Республика Бурятия	36,98	5,772	49,58	12,821
Иркутская обл.	29,23	7,699	52,23	38,029
Красноярский край	28,91	11,774	27,46	29,601
Республика Тыва	12,47	1,307	14,93	4,058
Республика Хакасия	76,81	16,155	77,68	40,889
Забайкальский край	43,22	8,166	34,73	16,650
Итого	156,17	43,878	173,35	126,687
Западно-Сибирский ЭР				
Республика Алтай	5,50	0,67	4,20	1,241
Алтайский край	69,31	9,73	89,16	29,117
Кемеровская обл.	455,72	126,38	362,31	242,711

Продолжение табл. 2

Субъект РФ	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
	2002–2011		2012–2021	
Новосибирская обл.	274,99	59,22	268,74	147,452
Омская обл.	74,10	16,96	127,22	47,138
Томская обл.	84,65	13,59	72,08	22,069
Тюменская обл.	27,69	13,23	65,54	60,352
Ханты-Мансийский АО	4,00	4,06	10,77	30,120
Ямало-Ненецкий АО	1,11	2,01	1,32	9,632
Итого	537,89	213,51	593,31	618,368
<i>Уральский ЭР</i>				
Республика Башкортостан	176,45	40,83	187,84	95,116
Курганская обл.	54,95	8,77	44,20	12,647
Оренбургская обл.	141,54	39,36	201,05	125,201
Пермский край	95,29	30,42	82,15	43,695
Свердловская обл.	147,06	43,85	147,06	91,714
Удмуртская Республика	133,31	29,53	133,31	69,490
Челябинская обл.	423,44	93,63	419,49	191,335
Итого	1064,81	274,62	1117,60	593,424
<i>Волго-Вятский ЭР</i>				
Кировская обл.	115,87	17,52	113,72	39,856
Республика Марий Эл	275,04	39,10	99,48	31,098
Республика Мордовия	223,05	33,09	179,68	66,622
Нижегородская обл.	423,98	100,62	347,67	185,260
Чувашская Республика	330,91	50,55	243,12	69,246
Итого	1161,09	219,18	867,39	363,869
<i>Поволжский ЭР</i>				
Астраханская обл.	85,25	14,44	97,73	49,878
Волгоградская обл.	193,12	38,73	215,57	84,070
Республика Калмыкия	15,99	1,69	24,54	83,944
Пензенская обл.	154,55	24,59	278,20	102,256
Самарская обл.	836,78	217,87	800,92	492,400
Саратовская обл.	269,48	46,85	362,58	140,293
Республика Татарстан	527,20	177,21	647,54	566,667
Ульяновская обл.	262,70	46,90	404,16	156,323
Итого	1896,34	440,88	2411,91	919,539
<i>Северо-Кавказский ЭР</i>				

Продолжение табл. 2

Субъект РФ	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
	2002–2011		2012–2021	
Республика Адыгея	348,74	43,69	383,62	134,792
Республика Дагестан	1173,22	127,40	393,09	105,329
Республика Ингушетия	480,47	26,86	427,09	76,444
Кабардино-Балкарская Республика	594,74	62,33	733,06	144,034
Карачаево-Черкесская Республика	251,16	26,52	244,63	57,168
Краснодарский край	1807,79	403,89	2708,00	1604,106
Ростовская обл.	456,65	82,66	590,71	272,345
Республика Северная Осетия-Алания	1380,15	168,53	1336,20	394,972
Ставропольский край	622,73	88,11	783,70	270,670
Чеченская Республика	553,25	33,87	253,95	42,808
Итого	6616,92	1035,16	6870,99	2745,803
<i>Центральный ЭР</i>				
Брянская обл.	143,39	20,47	171,36	62,882
Владимирская обл.	81,18	15,26	105,06	46,342
Ивановская обл.	114,75	14,46	100,40	30,311
Калужская обл.	54,47	12,60	68,09	37,530
Костромская обл.	21,53	3,87	31,22	10,882
Москва, Московская обл.	1309,02	801,48	2364,68	3510,806
Орловская обл.	186,41	32,40	161,96	66,710
Рязанская обл.	93,89	17,85	99,59	44,490
Смоленская обл.	38,28	7,26	49,77	20,807
Тверская обл.	66,23	13,03	44,66	18,950
Тульская обл.	145,86	27,23	116,69	60,708
Ярославская обл.	66,70	15,06	84,25	45,613
Итого	2321,38	1043,79	2540,25	2839,038
<i>Центрально-Чернозёмный ЭР</i>				
Белгородская обл.	378,19	123,68	492,79	400,900
Воронежская обл.	416,08	84,62	599,51	282,375
Курская обл.	314,41	64,08	411,73	251,762
Липецкая обл.	260,15	64,76	303,51	191,790
Тамбовская обл.	232,19	38,67	241,24	103,894
Итого	1606,49	372,83	2031,73	1191,971
<i>Северо-Западный ЭР</i>				
Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	232,19	87,76	165,85	198,950
Новгородская обл.	21,35	5,35	25,85	12,812

Окончание табл. 2

Субъект РФ	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
	2002–2011		2012–2021	
Псковская обл.	17,39	2,72	11,59	4,408
Итого	487,20	153,13	243,60	236,240
<i>Северный ЭР</i>				
Архангельская обл.	6,77	1,59	4,23	2,296
Вологодская обл.	15,57	4,25	13,11	9,088
Республика Карелия	4,17	1,03	6,25	3,789
Республика Коми	2,65	1,36	2,24	2,006
Мурманская обл.	17,78	6,19	25,62	30,993
Ненецкий АО	0,17	0,65	0,07	0,572
Итого	34,17	11,94	35,42	29,439
Калининградская обл.	328,34	48,76	215,16	91,838

Как видно из табл. 2, наиболее уязвимым районом в последнее десятилетие по-прежнему является Северо-Кавказский ЭР, где значения показателей K₁ и K₂ (особенно показателя экономической составляющей) существенно превышают значения по другим районам – 6870,99 и 2745,80 соответственно. При этом, несмотря на высокие показатели ВРП, Центральный район со значениями K₁ и K₂, равными 2540,25 и 2839,04, занимает второе место. Это связано с тем, что в Центральном районе число опасных явлений природы не самое высокое по России, но достаточно высокая плотность населения и самый высокий ВРП по стране.

Также высокие риски для населения по воздействию имеют Поволжский и Центрально-Чернозёмный районы с K₁, равным 2411,91 и 2031,73, и с K₂ – 919,54 и 1191,97 соответственно.

Анализ результатов расчётов по показателю K₁ за 2012–2021 гг. показывает, что наиболее неблагоприятные по оценке социальной сферы развития являются субъекты РФ: Краснодарский край (2708,00), Москва и Московская область (2364,68), Республика Северная Осетия-Алания (1336,20), Самарская область (800,92) и Кабардино-Балкарская Республика (733,06).

Наибольшую опасность воздействия опасных явлений природы на экономическую систему показывает значение K₂. Из табл. 2 можно выделить следующие субъекты, как наиболее

уязвимые: Краснодарский край – 1604,11; Москва и Московская обл. – 3510,81; Республика Татарстан – 566,67; Самарская область – 492,4; Белгородская область – 400,9; Республика Северная Осетия-Алания – 394,94; Воронежская область – 282,38; Ставропольский край – 270,67; Челябинская область – 191,34; Нижегородская область – 185,26.

На рисунке наглядно показаны наиболее уязвимые районы по показателям K_1 и K_2 , а также динамика изменения рисков воздействия на социальную и экономическую сферы.

Следует отметить, что даже при увеличении количества ОЯ и НУП в течение 10 лет (с 2012 по 2021 год) влияние их на социальную сферу (коэффициент K_1) существенно не изменилось. Это касается Дальневосточного, Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского, Северного, Северо-Кавказского и Уральского ЭР.

Некоторое уменьшение K_1 отмечается для Волго-Вятского (1161,09 и 867,39) и Северо-Западного ЭР (487,2 и 243,6) для периодов 2002–2011 и 2012–2021 гг. соответственно.

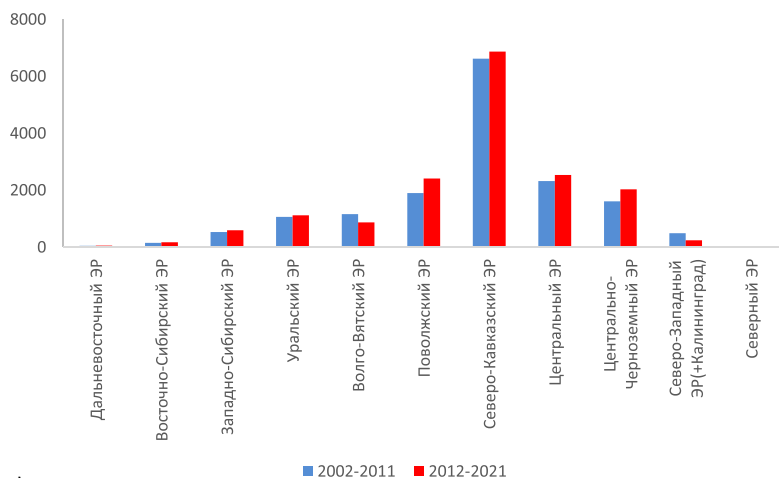
Необходимо отметить существенный рост воздействия ОЯ и НУП на экономическую сферу за последнее десятилетие (с 2012 по 2021 год). Особенно он выражен для Западно-Сибирского, Северо-Кавказского, Центрального и Центрально-Чернозёмного ЭР. Для этих районов K_2 увеличился практически в три раза, что связано с активным ростом экономической деятельности и, соответственно, ростом ВРП (табл. 1).

Наименьшая степень воздействия на экономическую сферу отмечается в Дальневосточном и Северном ЭР.

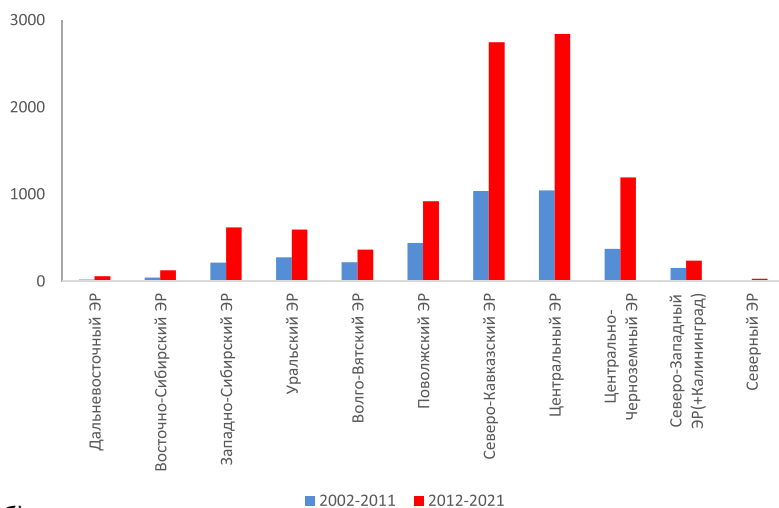
Заключение

Проведённое исследование позволяет оценить количественную и качественную стороны произошедших опасных природных явлений и нанёсших ими потерь по территории экономических районов и отдельных субъектов РФ с учётом как плотности населения, так и величины валового регионального продукта.

Полученные статистические данные показывают, что чем больше плотность населения и чем больше случаев воздействия опасных гидрометеорологических явлений, тем выше



а)



б)

Рис. Тенденция изменения воздействия ОЯ и НУП:
а) на социальную сферу (K_1); б) на экономическую сферу (K_2)

интенсивность вероятного воздействия на население. Соответственно – чем выше валовый региональный продукт, тем более высокие экономические ущербы можно ожидать по конкретному субъекту России или экономическому району.

Наиболее уязвимым по воздействию ОЯ и НУП на социально-экономическую систему является Северо-Кавказский ЭР, где их число и плотность проявления наиболее высока по сравнению с другими районами: 2002–2011 гг. – 1172 и 3,3 соответственно; 2012–2021 гг. – 1217 и 3,4.

Проведено сравнение как общего числа случаев воздействия ОЯ и НУП, так и повторяемости и плотности их проявления по территориям субъектов РФ для двух десятилетий – 2002–2011 и 2012–2021 гг. Отмечается тенденция роста в последнем десятилетии – 2012–2021 гг. – по сравнению с предыдущим почти во всех экономических районах.

Рассчитанные значения показателей K_1 и K_2 (особенно показателя экономической составляющей) также показывают существенный рост воздействия ОЯ и НУП на сферы деятельности за последнее десятилетие. Показатель K_2 для Западно-Сибирского, Северо-Кавказского, Центрального и Центрально-Чернозёмного экономических районов увеличился практически в три раза, что указывает на необходимость именно в этих районах в первую очередь предпринимать защитные меры с целью уменьшения последствий от действий ОЯ и НУП.

Что касается отдельных субъектов РФ, то наиболее уязвимыми оказались Краснодарский край – 1604,11; Москва и Московская область – 3510,81; Республика Татарстан – 566,67; Самарская область – 492,4; Белгородская область – 400,9; Республика Северная Осетия-Алания – 394,94; Воронежская область – 282,38; Ставропольский край – 270,67; Челябинская область – 191,34; Нижегородская область – 185,26.

Сравнительный анализ показателя социальной сферы развития страны (K_1) по двум десятилетиям доказывает, что даже при увеличении количества опасных явлений и неблагоприятных условий погоды влияние их на социальную сферу практически не изменилось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршунов А. А., Рыбанова А. Ю., Фокичева А. А., Шаймарданов М.З. Анализ интенсивности воздействия опасных условий погоды на социально-экономическую систему // Учёные записки РГГМУ. 2018. № 53. С. 18–33.
2. Рекомендации по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Росгидромет, 04 мая 2009 года.
3. Федеральная служба государственной статистики. Национальные счета. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>. (дата последнего обращения: 09.01.2023).

УДК 551.579:338

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ В 2021 ГОДУ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ОСНОВНЫХ ВИДАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

***Л.Н. Воробьёва^{1*}, Е.Ф. Волкова¹, А.Ю. Рыбанова¹,
А.А. Фокичева², А.А. Коршунов³***

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

² ООО «Научно-методический центр «Метеоэксперт», г. Москва,
³ г. Обнинск

Введение

Социальная и экономическая деятельность по разным причинам развивается в условиях неопределённости. Именно поэтому интерес к проблеме зависимости хозяйственной и производственной деятельности различных отраслей экономики, социальной сферы и их организаций от условий погоды постоянно возрастает. Это приводит к постоянному повышению значения прогноза опасных гидрометеорологических условий и неблагоприятных условий погоды [1–3], поскольку они позволяют получать экономическую выгоду как от благоприятных, так и от использования прогнозов неблагоприятных условий. В первом случае появляется возможность настроить деятельность наиболее оптимально, во втором же – применить защитные мероприятия и снизить наносимые ущербы и социальные потери [4]. При этом необходимо также учитывать существование неопределённости и в реализации самих текстов прогнозов [5]. Тем самым прогнозы погоды полезны только при их использовании для принятия решений, которые не только адекватны их содержанию, но и оптимальны. В этом случае пользователю необходима разработка высокоэффективного регламента погодно-хозяйственных решений и действий.

Признание полезности гидрометеорологической информации в хозяйственной практике было важно, однако более значимой была целесообразность оценить эту полезность, дать ей численное измерение. В основе своей эта проблема нашла решение в рамках экономической метеорологии как области научных знаний, получившей широкое распространение как в России, так и за рубежом [3, 6].

Экономическая полезность использования гидрометеорологической и климатической информации, прогнозов погоды и гидрометеорологического обеспечения в целом в настоящее время, как известно, оценивается тремя основными показателями: экономический эффект, экономическая эффективность и адаптивность пользователей к неблагоприятным гидрометеорологическим факторам.

Выполненное в 2021 году исследование по оценке экономического эффекта расширяет аналогичные исследования, проведённые в 2020 году [7], и представляет результаты оценки экономической полезности гидрометеорологических прогнозов – экономического эффекта. Рассматривается использование экономического эффекта в производственной и организационной практике, в основных видах экономической деятельности и по территориальным управлениям гидрометеорологической службы, в хозяйственной и производственной деятельности различных отраслей экономики, социальной сферы. Показана динамика его роста за последние двенадцать лет.

Результаты анализа экономической полезности использования гидрометеорологической информационной продукции в 2021 году

Для анализа экономической полезности использования методических прогнозов погоды, а также аналитических информационных материалов и условий изменения климата во ВНИИГМИ-МЦД (по поручению Росгидромета) на регулярной основе ведётся работа по сбору, обобщению и анализу сведений об экономическом эффекте (сведения поступают ежемесячно из территориальных управлений гидрометеорологической службы).

Многие пользователи информационной продукции Росгидромета, в том числе население, используя её в своей производственной

и социальной деятельности, в большинстве случаев сами определяют экономический эффект или подтверждают его оценки, которые рассчитываются организациями Росгидромета. Далее данные ежемесячно поступают из УГМС Росгидромета во ВНИИГМИ-МЦД.

В табл. 1 впервые представлена более подробная информация о всех отраслях и подотраслях экономики, по которым во ВНИИГМИ-МЦД по поручению Росгидромета ведётся официальная база данных экономической полезности использования гидрометеорологической продукции (включая в основном методические прогнозы погоды), подготовленной различными организациями гидрометеорологической службы.

В табл. 2 показано распределение экономического эффекта по видам экономической деятельности с 2010 по 2021 год.

Таблица 1

**Список отраслей, для которых рассчитывается экономический эффект
(в соответствии с ОКВЭД 2022 г.)**

Отрасль	Подотрасль
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство, рыбоводство	Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг Лесоводство и лесозаготовки Рыболовство, рыбоводство
Добыча полезных ископаемых	Добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических (добыча железных руд, добыча прочих полезных ископаемых, добыча руд цветных металлов, кроме урановой и ториевой руд) Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых
Обрабатывающие производства	Производство пищевых продуктов, включая напитки и табака Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность Производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов Химическое производство Производство прочих неметаллических минеральных продуктов (стекла, керамических изделий, кирпича, черепицы, цемента, извести и гипса, изделий из бетона, гипса и цемента и т. п.) Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий Производство машин и оборудования Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования Прочие производства

Окончание табл. 1

Отрасль	Подотрасль
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды Сбор, очистка и распределение воды Эксплуатация наружного освещения Эксплуатация газовых, тепловых распределительных сетей, распределение газа и тепла на коммунально-бытовые нужды Эксплуатация водопроводных распределительных сетей, канализационных сетей (с очистными сооружениями), распределение воды на коммунально-бытовые нужды и населению
Строительство	
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	
Деятельность сухопутного транспорта	Деятельность железнодорожного транспорта, деятельность прочего сухопутного транспорта, транспортирование по трубопроводам
Деятельность водного транспорта	Деятельность морского транспорта Деятельность внутреннего водного транспорта
Деятельность воздушного транспорта	Деятельность воздушного транспорта, подчиняющегося расписанию Деятельность воздушного транспорта, не подчиняющегося расписанию Деятельность космического транспорта
Вспомогательная и дополнительная транспортная деятельность	Транспортная обработка грузов и хранение Прочая вспомогательная транспортная деятельность Деятельность туристических агентств Организация перевозок грузов
Деятельность в области информации и связи	
Деятельность финансовая и страховая	
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	Операции с недвижимым имуществом Деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий Научные исследования и разработки Предоставление услуг в области проектирования, геолого-разведочных работ и др. Предоставление прочих видов услуг
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение	
Образование	
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	
Предоставление услуг по ведению домашнего хозяйства	
Деятельность экстерриториальных организаций	

Таблица 2

Экономический эффект от использования гидрометеорологической информации по основным видам экономической деятельности по ОКВЭД с 2010 по 2021 год (млрд руб./год)

Вид экономической деятельности	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Сельское, лесное хозяйство, охота	2,19	2,20	2,42	2,69	2,86	3,10	3,31	3,53	3,74	3,96	3,44	4,26
Рыболовство, рыбоводство	0,82	0,84	0,73	0,85	1,28	1,77	1,90	2,02	2,14	2,27	1,86	2,15
Добыча полезных ископаемых	0,83	0,82	0,95	0,96	0,99	1,04	1,12	1,19	1,26	1,33	0,99	0,95
Обрабатывающие производства	0,93	0,86	1,02	1,06	1,01	0,99	1,06	1,13	1,19	1,26	2,44	2,92
Обеспечение электрической энергией, газом и паром	8,39	8,74	9,96	9,81	10,2	11,1	11,9	12,6	13,4	14,2	24,5	27,6
Строительство	0,58	0,57	0,66	0,66	0,64	0,68	0,73	0,77	0,82	0,87	0,79	0,88
Транспорт и связь	8,72	9,73	10,1	9,87	10,5	11,8	12,7	13,5	14,3	15,1	18,9	19,1
Прочее	1,27	1,41	1,77	2,31	2,07	2,29	2,46	2,62	2,78	2,94	3,59	4,43
ИТОГО	23,7	25,2	27,6	28,2	29,5	32,8	35,1	37,4	39,7	41,9	56,5	62,3

На рис. 1 показана доля погодозависимых видов экономической деятельности (в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности) в экономическом эффекте от использования гидрометеорологической информации в 2021 году.



Рис. 1. Распределение экономического эффекта по видам экономической деятельности в 2021 году

Следует отметить, что основными погодозависимыми видами экономической деятельности, наиболее значимыми для экономики России, являются производство и распределение электроэнергии, газа и воды, транспорт и связь, сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Именно по этим трём видам экономической деятельности на регулярной основе достигнут наибольший экономический эффект. В частности, в 2020 году по этим видам деятельности доля экономического эффекта составляла для сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства – 6,1 %, производства, распределения электроэнергии, газа и воды – 43,3 %, транспорта и связи – 33,4 %.

В разные годы наибольший экономический эффект от применения прогнозов погоды и гидрометеорологической информации достигнут по следующим видам экономической деятельности:

- производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- транспорт и связь.

Это обусловлено тем, что эти два вида экономической деятельности наиболее подвержены условиям погоды [4, 8], как и сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Однако ситуация с сельским хозяйством в первую очередь объясняется низким коэффициентом предотвращённых ущербов и потерь [6, 9].

На рис. 2 представлена тенденция изменения экономического эффекта в текущих ценах и общего числа случаев воздействия на социально-экономическую систему в целом в 2010–2021 гг.



Рис. 2. Тенденция изменения экономического эффекта в текущих ценах и общего числа случаев воздействия на социально-экономическую систему в целом в 2010–2021 гг.

Из рисунка видно, что при колебании общего числа случаев воздействия экономический эффект проявляет равномерный рост. Это обусловлено в первую очередь устоявшейся структурой пользователей информационной продукции Росгидромета и устоявшейся структурой самой информационной продукции.

На рис. 3 представлен экономический эффект в базовых ценах 2010 и 2021 гг., рассчитанный через индекс-дефлятор – коэффициент, который определяется ежегодно и выставляется в свободном доступе на сайте Росстата ([https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4\(1\).htm](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4(1).htm)) для всех пользователей. Значения индекса-дефлятора по годам в базовых ценах 2010 и 2021 гг. представлены в табл. 3.

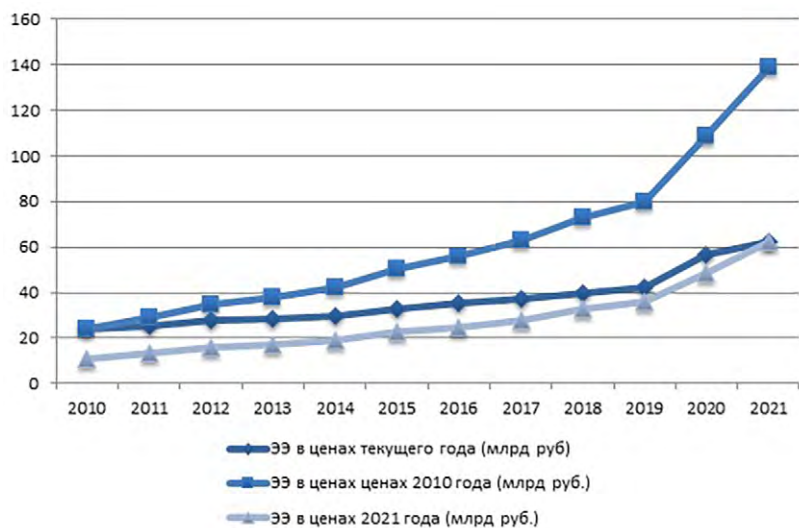


Рис. 3. Тенденция изменения экономического эффекта в текущих ценах и в базовых ценах 2010 и 2021 годов

Таблица 3

Индекс-дефлятор по годам в базовых ценах 2010 и 2021 гг.

Год	Индекс-дефлятор для расчёта значений в ценах 2010 года	Индекс-дефлятор для расчёта значений в ценах 2021 года
2010	1	0,45
2011	1,16	0,52
2012	1,26	0,57
2013	1,33	0,60
2014	1,43	0,64
2015	1,54	0,70
2016	1,59	0,71
2017	1,68	0,75
2018	1,85	0,83
2019	1,91	0,85
2020	1,92	0,86
2021	2,23	1

Из рис. 2 и 3 видно, что достоверные прогнозы синоптиков, климатическая и другая аналитическая гидрометеорологическая информация в 2021 году сберегли для России 62,3 млрд руб., что превысило аналогичный показатель 2010 года на 5,6 млрд рублей. При этом экономический эффект за период с 2010 по 2021 год вырос в 5,86 раза в базовых ценах 2010 года и 5,84 раза в базовых ценах 2021 года. Незначительное отклонение друг от друга этих двух показателей, которые выражают реальный рост экономического эффекта в 2010–2021 гг., объясняют округлениями расчётов.

На рис. 4 представлено распределение значений экономического эффекта от предоставления гидрометеорологической информации по УГМС.

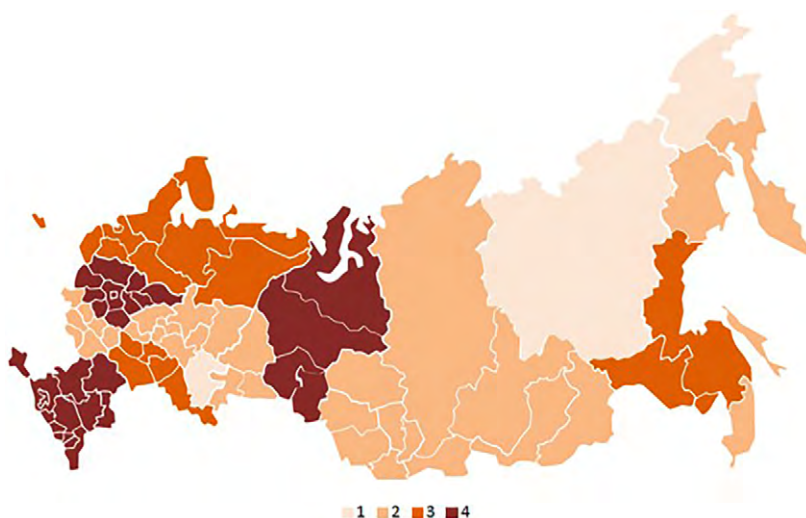


Рис. 4. Экономический эффект за 2021 год по УГМС (млн руб.):
1 – до 60; 2 – от 60 до 1600; 3 – от 1600 до 5000; 4 – свыше 5000

В 2021 году максимальный ЭЭ (от 5000 млн руб.) пришёлся на следующие УГМС: Центральное, Северо-Кавказское, Крымское и Обь-Иртышское. Значения по указанным УГМС составили 68 % суммарного ЭЭ.

Значения ЭЭ от 60 до 1600 млн руб. показывают 11 УГМС: Верхне-Волжское, Забайкальское, Западно-Сибирское, Иркутское, Камчатское, Колымское, Приморское, Республики Татарстан, Сахалинское, Среднесибирское, Уральское, Центрально-Чернозёмное.

Значения ЭЭ от 1600 до 5000 млн руб. показывают пять УГМС: Дальневосточное, Мурманское, Приволжское, Северное, Северо-Западное.

Минимальные значения ЭЭ (до 60 млн руб.) показывают три УГМС: Башкирское, Якутское и Чукотское.

Дифференциация ЭЭ может быть обусловлена следующими факторами:

- площадью территории, обслуживаемой УГМС;
- численностью (плотностью) населения;
- валовым региональным продуктом;
- опасными явлениями, возникающими в регионе.

Так, например, наибольшее значение ЭЭ для Центрального УГМС объясняется развитой инфраструктурой, экономикой (самый высокий ВРП по региону), достаточно высокой плотностью населения. С другой стороны, для Северо-Кавказского УГМС численность населения не оказывает такого влияния на величину ЭЭ. Для этого региона преобладающим фактором могут быть ОЯ на территории УГМС, воздействующих на экономику регионов, их предупреждённость, повторяемость, интенсивность и продолжительность [10]. Что касается наименьших значений ЭЭ, то они могут быть обусловлены малой плотностью населения (для Якутского УГМС – 0,32 чел./км², для Чукотского УГМС – 0,07 чел./км²), а для Башкирского УГМС – небольшой площадью обслуживания.

Заключение

В настоящей статье представлены результаты оценки экономической полезности гидрометеорологических прогнозов в 2021 году – экономического эффекта. Его распределение по основным отраслям экономики в соответствии с ОКВЭД 2.

Показан равномерный рост ЭЭ за период с 2010 по 2021 год, в текущих и базовых ценах 2010 и 2021 гг. Рассматриваются

региональные аспекты распределения ЭЭ по УГМС, его дифференциация от максимально низких значений до высоких значений.

Результаты исследования показывают, что экономический эффект прогнозов погоды при уровне их оправдываемости отражает возможности организации метеорологического обеспечения. При этом экономическая полезность прогнозов в итоге определяет оценку результативности и вклада Росгидромета в устойчивое развитие социально-экономической системы России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбанова А.Ю., Фокичева А.А., Воробьёва Л.Н., Коршунов А.А. Анализ экономического эффекта информационной деятельности гидрометеорологической службы // Тезисы докладов. Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации», Санкт-Петербург, 14–15 марта 2019 г. СПб.: РГГМУ, 2019. С. 144–145.
2. Хандожко Л.А., Коршунов А.А., Фокичева А.А. Выбор оптимального погодохозяйственного решения на основе прогноза опасных гидрометеорологических условий // Метеорология и гидрология. 2003. № 1. С. 5–17.
3. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 490 с.
4. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции // Метеорология и гидрология. 1999. № 3. С. 5–17.
5. Фокичева А.А. Неопределённость реализации метеорологических прогнозов как фактор риска управленческих решений // Тезисы докладов. Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации», Санкт-Петербург, 14–15 марта 2019 г. СПб.: РГГМУ, 2019. С. 701–703.
6. Хандожко Л.А., Коршунов А.А. Показатели влияния погодных условий на экономику: оценка коэффициента непредотвращённых потерь // Метеорология и гидрология. 2000. № 12. С. 14–23.
7. Рыбанова А.Ю., Воробьёва Л.Н. Экономическая полезность использования гидрометеорологической информации в 2020 году // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 144–153.
8. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З. Влияние опасных гидрометеорологических явлений на устойчивое развитие экономики России // Метеорология и гидрология. 2017. № 7. С. 59–67.

9. Хандожко Л.А., Фокичева А.А., Коршунов А.А. Предотвращённые потери как мера адаптации потребителя к опасным условиям погоды // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 169. С. 29–38.

10. Рыбанова А.Ю., Фокичева А.А., Воробьёва Л.Н. Анализ дифференциации экономического эффекта использования гидрометеорологической информации по видам экономической деятельности // Тезисы докладов. Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ», Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 г. СПб.: РГГМУ, 2020. С. 239–240.

УДК [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ СТОКА ВОДЫ В ПОЛОВОДЬЕ НА РЕКАХ БАСЕЙНА ОБИ

Е.В. Гниломедов

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

Введение

Определение тенденций дальнейшего изменения паводочной ситуации на реках бассейна Оби является важной социально-хозяйственной задачей.

Задача исследований состоит из нескольких этапов: подготовка рядов многолетних данных стока воды в половодье на незарегулированных участках рек в местах расположения промышленно и социально значимых объектов и количества осадков в их водосборах; сравнительный анализ изменения стока в половодье и количества осадков и получение регрессионных зависимостей; вычисление на ближайшие десятилетия ожидаемых изменений половодного стока указанных рек на основе регрессионных соотношений с прогностическими оценками количества осадков в их водосборах.

Подобные исследования для рек бассейна Оби ранее не проводились. Специалистами ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» была исследована связь между климатическими условиями в области водосбора Оби и её стоком в Северный Ледовитый океан. Однако это касалось лишь годового стока. Оценки тенденций стока также не проводились.

Данная статья является третьей в серии статей о современных и прогнозируемых на ближайшие десятилетия тенденциях изменения стока воды в половодье на реках России. В настоящей работе представлен результат исследования по вышеуказанной проблеме для рек, расположенных в бассейне Оби.

1. Подготовка данных стока воды в половодье и данных по осадкам в бассейне Оби

Сток Оби очень слабо зарегулирован. Новосибирское водохранилище играет важную роль в борьбе с наводнениями, но по причине небольшой ёмкости его возможности по накоплению излишков воды ограничены. Водный режим рек бассейна Оби характеризуется весенне-летним половодьем, летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками и устойчивой продолжительной зимней меженью. В питании принимают участие в основном талые снеговые воды, а также дождевые и подземные (грунтовые) воды. Половодье начинается в среднем в первой половине мая. Зимняя межень продолжается с ноября по апрель. Однако указанные сроки могут значительно колебаться от года к году, а также в пределах бассейна [1, 2].

Во время весенне-летнего половодья водность рек сильно возрастает. Основной приток воды в русловую сеть в бассейнах рассматриваемых рек формируется в период таяния снежного покрова на равнине с добавлением атмосферных осадков, а на некоторых реках – ещё и талых вод наледей, высокогорных снежников и ледников. Поэтому главной фазой водного режима является весенне-летнее половодье. В этот период проходит до 70 % годового стока рек [3, 4].

Начальным этапом работ был отбор гидрологических постов с незарегулированным стоком в местах расположения промышленно и социально значимых объектов в пределах бассейна Оби. Для дальнейших расчётов было выбрано 12 гидрологических постов (табл. 1).

Следующим этапом работ было определение сроков прохождения половодья на каждом выбранном гидрологическом посту и приведение их к некоему единому многолетнему значению. Поставленная задача была решена путём программной обработки и анализа гидрографов стока на изучаемых постах за последние 40 лет (с 1981 года). Причём, учитывая тот факт, что наибольшую опасность окружающим объектам несёт пик половодья, было решено ограничиться в расчётах полутора-двухмесячным сроком прохождения максимальных расходов воды. Более подробно обоснование применяемого подхода исследований приведено в первой работе по данной теме [5].

Таблица 1

**Список гидрологических постов бассейна Оби, выбранных
для дальнейших расчётов**

Название водного объекта и пункта наблюдений	Код пункта наблю- дений	Расстояние (км) от		Площадь водо- сбора, кв. км	Период действия число, месяц, год	
		истока	устья		открыт	закрыт
р. Бия – г. Бийск	10048	280	21,0	36900	27.10.1894	Действ.
р. Иртыш – г. Омск	11048	2424	1824	769000	01. 1.1891	Действ.
р. Иртыш – г. Тобольск	11056	6470	416	958000	24. 9.1889	Действ.
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск	11061	25,0	20,0	1650000	13.10.1893	Действ.
р. Катунь – с. Сростки	10071	635	53,0	58400	04.04.1919	Действ.
р. Обь – с. Александровское	10024	1820	1830	765000	18.12.1894	Действ.
р. Обь – г. Барнаул	10006	220	3430	169000	10.11.1893	Действ.
р. Обь – г. Салехард	11801	2500	287	2950000	16. 9.1933	Действ.
р. Томь – г. Кемерово	10246	554	273	47400	28.11.1893	Действ.
р. Томь – г. Новокузнецк	10240	247	580	29800	09.11.1893	Действ.
р. Томь – г. Томск	10251	753	75,0	57000	15.08.1963	Действ.
р. Тура (Долгая) – г. Тюмень	12244	846	184	58500	13.01.1896	Действ.

Результаты определения сроков прохождения пикового периода половодья (период стока воды с момента, когда на подъёме половодья расход превысил в два раза средний годовой, и до даты на спаде первого пика половодья, когда расход воды вновь опустился ниже двукратного уровня среднего годового) на каждом выбранном гидрологическом посту, и приведение их к некоему среднему многолетнему значению представлены в табл. 2.

В табл. 2 указание временных рамок, например «2д5–1д7», означает со второй декады мая до первой декады июля. Стоит учесть, что временные рамки этого периода в определённые годы могут сдвигаться в зависимости от температурных условий как в одну, так и в другую сторону. Многолетние ряды стока воды в половодье (рис. 1) в дальнейшем строились с учётом фактических ежегодных временных рамок периода пика половодья, а не по осреднённым, как в табл. 2. Осреднённые же временные рамки периода пика половодья нужны для дальнейших расчётов.

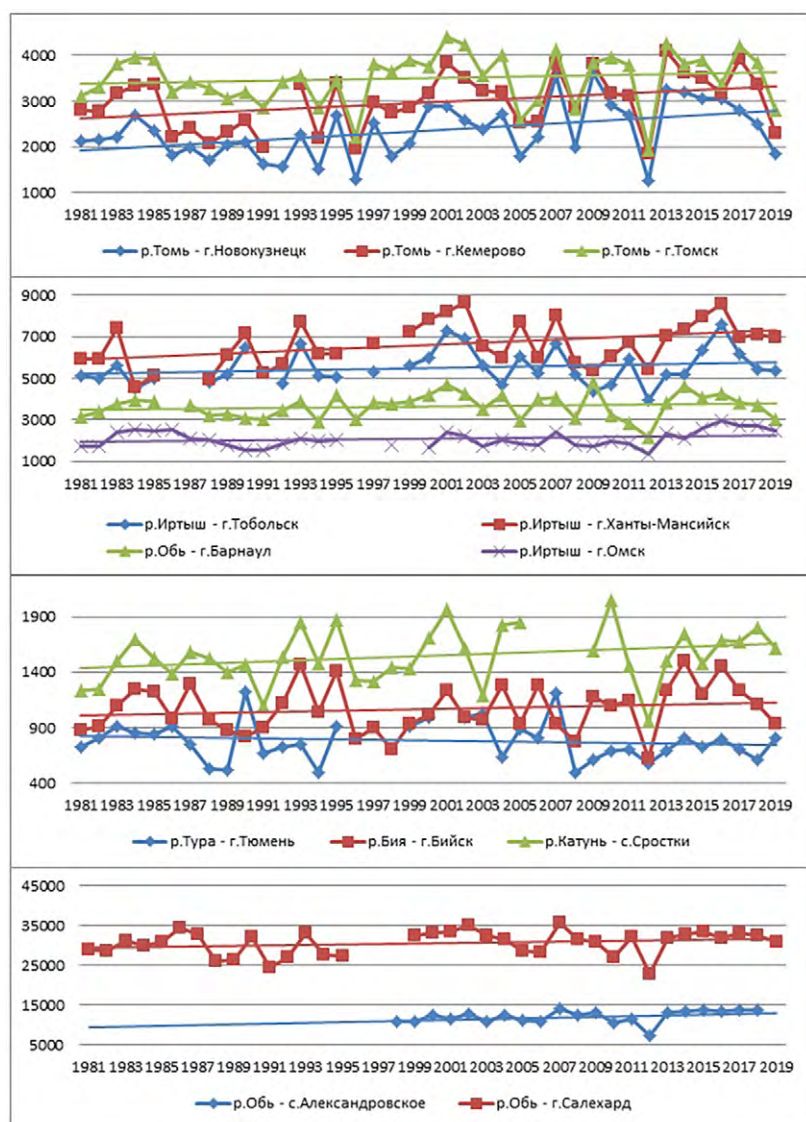


Рис. 1. Средние расходы воды периода пика половодья $Q_{ппп}$

Таблица 2

**Характеристики средних расходы воды периода пика половодья $Q_{ппп}$
по данным за 1981–2019 гг.**

Название водного объекта и пункта наблюдений	Средние многолетние временные рамки периода пика половодья	Средний многолетний расход воды периода пика половодья, м ³ /с	Тренд изменения среднего расхода воды за период пика половодья, % за 10 лет
р. Бия – г. Бийск	3д4–2д6	1090	+2,6
р. Иртыш – г. Омск	1д5–3д5	2060	+3,2
р. Иртыш – г. Тобольск	1д5–3д6	5430	+2,7
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск	2д5–2д7	6830	+5,4
р. Катунь – с. Сростки	3д4–1д7	1520	+3,8
р. Обь – с. Александровское	2д5–1д7	12200	+7,6
р. Обь – г. Барнаул	1д5–1д7	3620	+1,8
р. Обь – г. Салехард	3д5–3д7	30900	+2,1
р. Томь – г. Кемерово	2д4–1д6	2930	+6,7
р. Томь – г. Новокузнецк	2д4–1д6	2160	+10,4
р. Томь – г. Томск	2д4–1д6	3460	+1,5
р. Тура (Долгая) – г. Тюмень	2д4–1д6	830	-1,4

По полученным многолетним (с 1981 по 2019 год) рядам стока рек в пиковый период половодья (рис. 1) были рассчитаны их средние многолетние значения и характеристики линейных трендов (табл. 2).

Ряды многолетних ежемесячных данных по осадкам были подготовлены по 782 станциям с рядами наблюдений, подходящими для дальнейшего прогноза осадков. Из полученного списка метеостанций в дальнейшем были оставлены те, которые характеризуют поступление осадков в пределах водосборов двенадцати отобранных на предыдущем этапе гидрологических постов (рис. 2). При достаточно редкой сети метеостанций для расчёта суммы осадков на некоторых участках использовались данные с метеостанций, расположенных за пределами изучаемых водосборов, как наиболее точно отражающие ситуацию.

В конечном итоге многолетние ряды ежемесячных данных по осадкам по каждой отобранной станции были просуммированы за

периоды с начала ледостава и до окончания периода пика половодья. Суммирование проводилось по осреднённым за многолетний период датам (за 1981–2019 гг.). Такой расчёт суммы осадков в наибольшей степени соответствует условиям формирования стока воды в половодье. Далее при помощи ГИС метеостанции были распределены по водосборам (рис. 2).

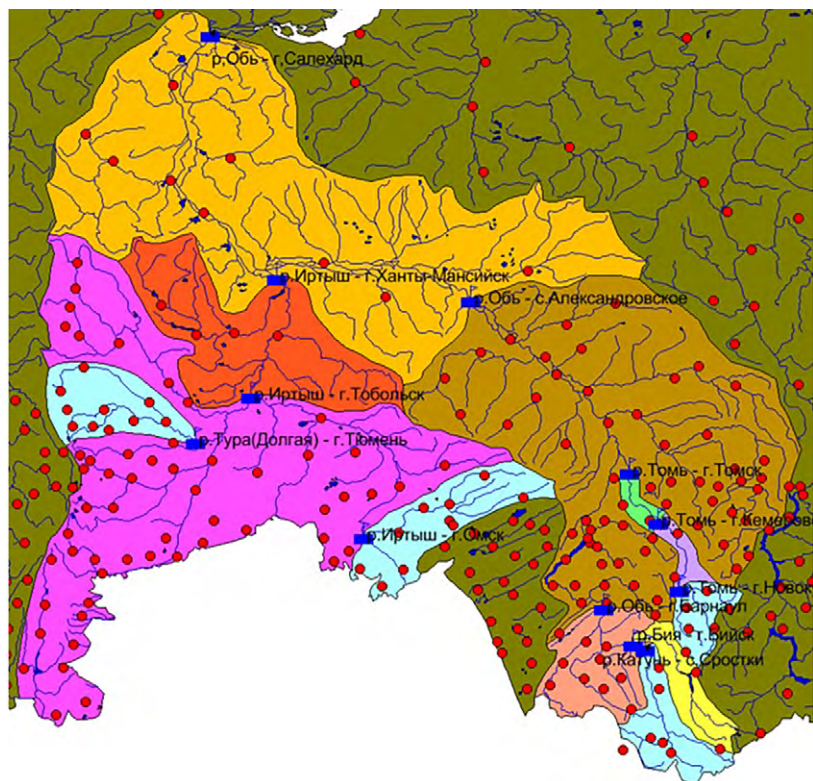


Рис. 2. Водосборы исследуемых рек с расположением гидрологических постов (синие прямоугольники с флажком) и метеостанций (красные кружки)

2. Сравнительный анализ изменения стока воды в пиковый период половодья и количества осадков

Зависимость стока от осадков весьма сложна и подвержена влиянию многих факторов. Поэтому был выбран метод, основанный на построении линейных эмпирических зависимостей [6].

В процессе работ водосборы гидрологических постов были разделены на участки. Для крупных водосборов из-за больших площадей и значительного количества метеостанций на них был применён метод квадратов. По этому методу бассейн реки разбивается на сеть равновеликих квадратов, для каждого из которых вычисляется средний слой осадков как средний арифметический по данным метеостанций, попавших в квадрат [7].

Для остальных водосборов был выбран метод взвешивания [7], который более подходит для небольших водосборов или водосборов с ограниченным числом метеостанций. Здесь участок строится вокруг каждой отдельной метеостанции, а его площадь определяет тот вес, с которым должны быть приняты осадки по данным этой станции в дальнейших расчётах среднего слоя осадков в бассейне. При использовании этого метода для некоторых участков также использовались данные с метеостанций, расположенных за пределами изучаемого водосбора.

После того, как водосборы были разбиты на участки, были рассчитаны средние суммарные слои осадков R за периоды с начала ледостава и до окончания пикового периода половодья на каждом из участков по данным метеостанций, находящихся в пределах участка.

Таким образом, стало возможным сопоставить характеристику R со средним расходом воды пикового периода половодья $Q_{ппп}$ в замыкающем водосбор створе. Однако не весь объём воды, поступивший в пределы водосбора в виде осадков, участвует в формировании стока воды в половодье. Значительная часть испаряется или аккумулируется в естественных и искусственных водоёмах, подземных водах, ледниках и поступает в речное русло в периоды, следующие за расчётным. Тем самым влияние количества осадков на сток воды усложняется, что снижает корреляцию рядов

многолетних значений R и $Q_{ппп}$. Но для получения в дальнейшем наиболее точных прогностических оценок годового стока воды по прогнозным данным осадков необходимо иметь по возможности максимальные значения корреляции между этими величинами. Для этого нужно исключить из расчётов те участки водосбора, где связь между количеством осадков и количеством воды, поступившем в речную сеть в текущем расчётном периоде, искусственно нарушена вследствие сооружения водохранилищ и водозаборных сооружений либо является сложной по естественным причинам [5, 8].

Для выявления таких участков водосбора был создан алгоритм и написана программа $KorrQiR$. Суть расчётов состоит в том, чтобы последовательно исключать из расчётов различные количества и комбинации участков водосбора и то количество осадков, которое поступило на них в течение расчётного периода. По оставшимся в расчётах участкам суммируются количества осадков, образуя значение R . Далее находится коэффициент корреляции между рядами величины R , полученной по участкам водосбора в данной комбинации, и стоком воды в половодье $Q_{ппп}$. В итоге максимальный коэффициент корреляции определяет тот состав участков водосбора, который характеризует максимально тесную зависимость $Q_{ппп}$ от R . Кроме того заданный алгоритм автоматически исключает участки водосбора с недостоверными данными по осадкам, которые могут возникнуть по причине редкой сети метеостанций или в результате ошибок в данных по осадкам [5, 8].

Таким образом, при помощи программы $KorrQiR$ из расчётов были исключены участки водосборов с нарушенной связью между количеством осадков за период с начала ледостава и до окончания периода пика половодья R и естественным речным стоком в период пика половодья $Q_{ппп}$ или недостаточным количеством метеостанций по двенадцати водосборам гидрологических постов на реках в бассейне Оби. По оставшимся участкам были посчитаны коэффициенты корреляции между $Q_{ппп}$ и R (табл. 3).

В третьем столбце табл. 3 указаны длины рядов $Q_{ппп}$ и R , по которым проводились расчёты коэффициентов корреляции между этими величинами и в дальнейшем – уравнений регрессии $Q_{ппп} = f(R)$. Как видно из табл. 3, полученные коэффициенты

корреляции между $Q_{ппп}$ и R колеблются в диапазоне от 0,55 до 0,83, что говорит о достижении устойчивой связи между значениями. Наименьшее значение коэффициента корреляции (0,55) получено по гидрологическому посту р. Иртыш – г. Омск. Это объясняется тем, что значительная часть водосбора указанного гидрологического поста находится за пределами РФ и не освещена данными по осадкам. Влияние этого фактора существенно снижается на гидрологических постах, расположенных ниже по Иртышу – г. Тобольск (0,80) и г. Ханты-Мансийск (0,83).

Таблица 3

Характеристики сравнительного анализа стока воды в период пика половодья $Q_{ппп}$ по гидрологическим постам на реках в бассейне Оби и количества осадков за период с начала ледостава и до окончания периода пика половодья R в их водосборах

Река – пост	Количество метеостанций в расчётах	Длина рядов $Q_{ппп}$ и R	Коэффициент корреляции между R и $Q_{ппп}$
р. Бия – г. Бийск	5	1981–2019	0,76
р. Иртыш – г. Омск	10	1981–2019	0,55
р. Иртыш – г. Тобольск	74	1981–2019	0,80
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск	78	1981–2019	0,83
р. Катунь – с. Сростки	7	1981–2019	0,68
р. Обь – с. Александровское	89	1981–2019	0,80
р. Обь – г. Барнаул	20	1981–2019	0,74
р. Обь – г. Салехард	174	1981–2019	0,81
р. Томь – г. Кемерово	9	1981–2019	0,77
р. Томь – г. Новокузнецк	6	1981–2019	0,73
р. Томь – г. Томск	11	1981–2019	0,74
р. Тура (Долгая) – г. Тюмень	10	1981–2019	0,74

После того, как была установлена та часть водосбора, где формируется максимально тесная связь между величинами $Q_{ппп}$ и R , стало возможным получить уравнения регрессии $Q_{ппп} = f(R)$, где $Q_{ппп}$ – сток воды периода пика половодья в $\text{м}^3/\text{с}$, R – слой осадков в миллиметрах за период с начала ледостава и до окончания периода пика половодья, выпавших на расчётных участках водосбора (табл. 4).

Таблица 4

Уравнения регрессии $Q_{ппп} = f(R)$ и коэффициенты детерминации

Река – пост	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации
р. Бия – г. Бийск	$Q_{ппп} = 3,46R - 6$	0,58
р. Иртыш – г. Омск	$Q_{ппп} = 6,3R + 783$	0,30
р. Иртыш – г. Тобольск	$Q_{ппп} = 19,8R + 913$	0,63
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск	$Q_{ппп} = 24,4R + 918$	0,68
р. Катунь – с. Сростки	$Q_{ппп} = 5,64R + 267$	0,51
р. Обь – с. Александровское	$Q_{ппп} = 31,4R + 2470$	0,63
р. Обь – г. Барнаул	$Q_{ппп} = 12,2R + 417$	0,55
р. Обь – г. Салехард	$Q_{ппп} = 74,7R + 10800$	0,66
р. Томь – г. Кемерово	$Q_{ппп} = 6,97 + 98$	0,59
р. Томь – г. Новокузнецк	$Q_{ппп} = 5,69R - 299$	0,53
р. Томь – г. Томск	$Q_{ппп} = 6,87R + 819$	0,54
р. Тура (Долгая) – г. Тюмень	$Q_{ппп} = 2,01R + 135$	0,55

Также в табл. 4 приведены коэффициенты детерминации, показывающие долю тех изменений величины расхода $Q_{ппп}$, которая в данной зависимости определяется колебанием значений слоя осадков R .

3. Вычисление на ближайшие десятилетия ожидаемых изменений стока в пиковый период половодья

Сотрудниками лаборатории исследования последствий изменения климата ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» были рассчитаны ежегодные прогнозные значения количества осадков за период с начала ледостава и до окончания пикового периода половодья до 2050 года включительно по тем же метеостанциям, данные с которых использовались для получения уравнений регрессии (табл. 4). Прогнозные значения количества осадков были рассчитаны исходя из рабочей гипотезы о том, что динамика погоды и климата главным образом является следствием колебаний климатической системы на её собственных частотах [9, 10].

Далее по полученным уравнениям регрессии были рассчитаны ежегодные прогностические оценки стока воды в пиковый период половодья $Q_{ппп}$ на двенадцати выбранных гидрологических постах с 2025 по 2050 год включительно (рис. 3–5).

Однако вычисление ежегодных прогнозных колебаний водности рек не является задачей данной работы. Исходя из гипотезы о динамике погоды и климата [9, 10], наиболее достоверными являются многолетние прогностические оценки колебания водности. Поэтому на рис. 3–5 показаны прогностические оценки средних расходов воды периода пика половодья $Q_{ппп}$, сглаженные методом простой скользящей средней по пятилетним периодам. То есть, например, значение $Q_{ппп}$ в 2025 году является средним за 2023–2027 гг., в 2026 году – за 2024–2028 гг. и так далее.

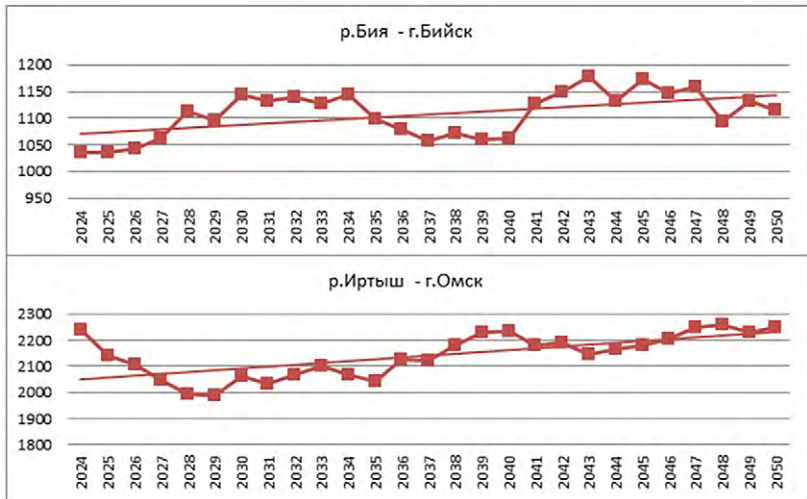


Рис. 3. Прогностические оценки средних расходов воды периода пика половодья $Q_{ппп}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), сглаженные методом простой скользящей средней по пятилетним периодам

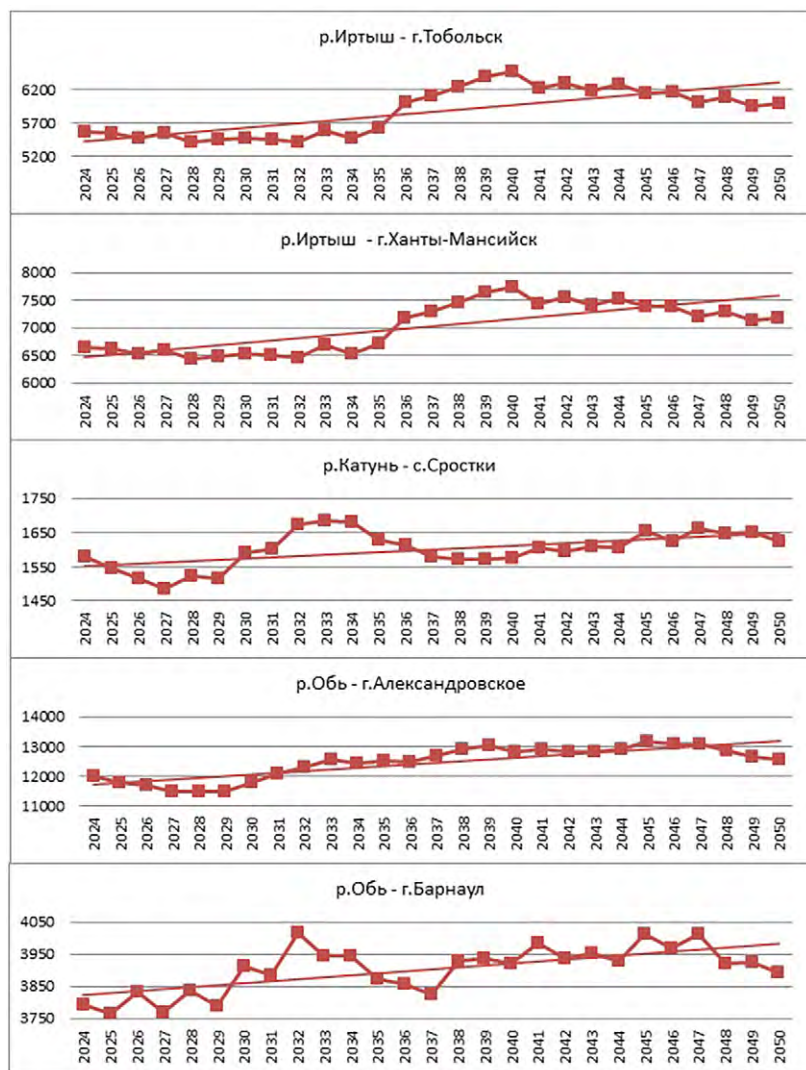


Рис. 4. Прогностические оценки средних расходов воды периода пика половодья $Q_{ппп}$ (m^3/s), сглаженные методом простой скользящей средней по пятилетним периодам

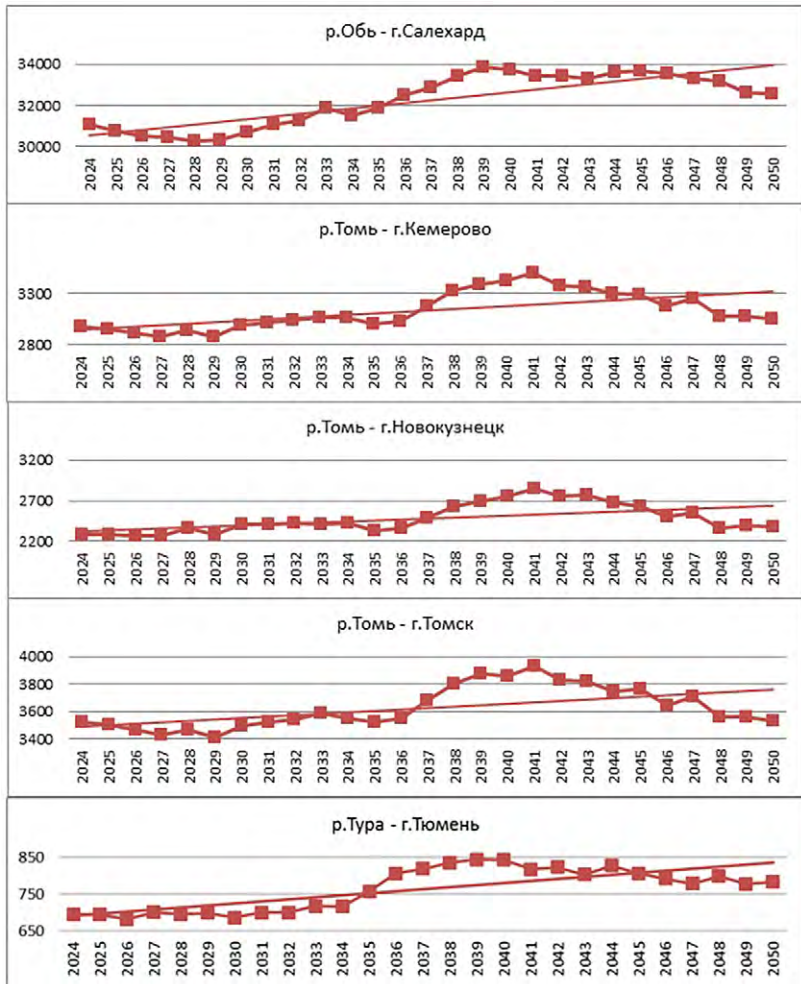


Рис. 5. Прогностические оценки средних расходов воды периода пика половодья $Q_{ппп}$ (m^3/s), сглаженные методом простой скользящей средней по пятилетним периодам

4. Описание и обсуждение результатов

Как видно по линейным трендам на рис. 3–5, среднегодовые расходы воды после падения значений в 2024–2030 гг. имеют тенденцию к росту по всем гидрологическим постам. В табл. 5 представлены периоды максимальных значений $Q_{ппп}$ за этот период и их соотношение с современными значениями $Q_{ппп}$. Из результатов видно, что периоды максимальных значений $Q_{ппп}$ на некоторых реках будут превышать фактические значения $Q_{ппп}$ за 2010–2019 гг. на 12–16 %.

Таблица 5

Периоды максимальных значений прогностических оценок средних расходов воды $Q_{ппп}$ за 2025–2050 гг. по отношению к фактическим значениям за 2010–2019 гг.

Река – пост	Фактические значения за 2010–2019 гг.	Периоды максимальных значений, гг.	Значения максимальных периодов, м ³ /с	Относительные значения максимального периода, %
р. Бия – г. Бийск	1150	2030–2034; 2041–2047	1140; 1150	-0,9; 0
р. Иртыш – г. Омск	2310	2038–2050	2220	-3,9
р. Иртыш – г. Тобольск	5580	2038–2044	6300	+13
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск	7020	2038–2044	7540	+7,4
р. Катунь – с. Сростки	1600	2032–2034	1730	+8,1
р. Обь – с. Александровское	12300	2038–2047	13000	+5,7
р. Обь – г. Барнаул	3550	2032–2034; 2045–2047	3970; 4000	+12; +13
р. Обь – г. Салехард	30900	2038–2048	33500	+8,4
р. Томь – г. Кемерово	3210	2038–2045	3370	+5,0
р. Томь – г. Новокузнецк	2660	2038–2045	2720	+2,3
р. Томь – г. Томск	3580	2038–2045	3830	+7,0
р. Тура (Долгая) – г. Тюмень	710	2036–2045	822	+16

По полученным многолетним (с 1981 по 2019 год) рядам стока рек в пиковый период половодья (рис. 1) видно, что практически все ряды имеют положительные тренды. Исключением является река Тура в районе города Тюмень, где тренд отрицательный.

Полученные результаты по фактическим многолетним данным хорошо коррелируются с итогами работ других авторов [3, 4].

Заключение

По результатам проведённых расчётов можно сделать вывод об однонаправленной тенденции снижения риска опасных наводнений в районах промышленно и социально значимых объектов бассейна Оби в 2024 – 2030 гг. и их увеличении в дальнейшем. Из полученных результатов следует, что наиболее опасные периоды в целом по бассейну Оби прогнозируются после 2032 года. Особенно значительное увеличение значений $Q_{пп}$, по сравнению с современными, ожидается на реке Иртыш в районе города Тобольск, реке Обь (город Барнаул) и реке Тура (город Тюмень).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *География Сибири в начале XXI века*. Т. 5: Западная Сибирь. Новосибирск: ГЕО, 2016. 447 с.
2. Гусев Е.М., Насонова О.Н., Джоган Л.Я., Айзель Г.В. Моделирование формирования стока рек и снежного покрова на севере Западной Сибири // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 4. С. 387–395.
3. Ткачёв Б.П., Досанов С.С. Экстремальные наводнения на реках Югры // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 157–162.
4. Водные ресурсы и режим рек арктической зоны Сибири: современное состояние, прогнозируемое изменение, масштабы и структура хозяйственного использования / Д.В. Магрицкий, Н.Л. Фролова, В.М. Евстигнеев и др. // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Барнаул: Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2017. С. 121–131.
5. Гниломедов Е.В. Оценки тенденций стока воды в половодье на реках в бассейнах Енисея и Лены // Труды ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2022. Вып. 189. С. 35–58.
6. Виссмен У., Харбаф Т.И., Кнэпп Д.У. Введение в гидрологию. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 470 с.
7. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 460 с.
8. Гниломедов Е.В. Оценки тенденций стока воды в половодье и паводочный период на реках Камчатки, Забайкалья и бассейна Амура // Труды ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2022. Вып. 189. С. 72–92.
9. Шерстюков Б.Г. Метод прогноза климата на предстоящие два десятилетия на основе экстраполяции ритмов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 173. С. 221–235.
10. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2008. 247 с.

УДК [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

ОБЗОР ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Е.В. Гниломедов¹, А.И. Шевченко²

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

Введение

Знание характерных для Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) опасных и неблагоприятных гидрологических явлений необходимо для использования при стратегическом планировании развития в органах управления и хозяйствующих субъектах. Природная специфика данных явлений в конкретном регионе определяется климатом, рельефом местности, разнообразием водных объектов и т. д. [1].

Новизна исследований выражается в вероятностном представлении возникновения опасных явлений на реках ЯНАО.

Территория региона имеет хорошо развитую речную сеть. По рекам ежегодно осуществляется северный завоз. Водная поверхность округа составляет более 21 тысячи квадратных километров, 50 тысяч рек, речек и ручьёв насчитывается в водном кадастре округа. Общая длина их 291 тысяча километров, в округе 300 тысяч озёр. Абсолютное большинство рек округа (89,6 %, или 44,5 тысяч рек) имеют длину менее 10 км. Рек длиной более 100 км насчитывается 230 (среди них имеется 8 больших рек – их длина свыше 500 км). Реки исследуемой территории впадают в Обскую и Тазовскую губу Карского моря. Крупнейшие реки ЯНАО – Обь, Надым, Пур и Таз (рис. 1). В нижнем течении Оби ярко выражена пойменная многорукавность. Большая и Малая Обь соединяются многочисленными поперечными протоками, пойменные берега сложены песками и суглинками. Вершина дельты расположена ниже г. Салехард, два главных рукава дельты – Хаманельская и Надымская Обь – также соединены многочисленными протоками.

Истоки рек Надым, Пур и Таз берут начало на склонах Сибирских Увалов и протекают преимущественно по ледниковой, а затем морской песчаной равнине. Болота занимают половину водосборных территорий рек Пур и Надым [2]. Реки округа имеют широкие неглубокие долины, низкие берега и очень малые уклоны.

Водный режим рек характеризуется весенне-летним половодьем, летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками и устойчивой продолжительной зимней меженью. В питании принимают участие в основном талые снеговые воды, а также дождевые и подземные (грунтовые) воды. Половодье начинается в среднем в первой половине мая. Зимняя межень продолжается с ноября по апрель [3, 4].



Рис. 1. Реки, метеостанции и гидрологические посты (с названиями) на территории ЯНО

Опасные гидрологические явления ЯНАО, исследованные в данной статье, связаны с высокими и низкими уровнями воды в реках. Прочие опасные гидрологические явления, характерные для ЯНАО, в том числе связанные с ледовой обстановкой, в данной статье не рассматриваются.

1. Опасные гидрологические явления, связанные с высокими уровнями воды

1.1. Половодья и паводки

Половодье – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъёмом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Паводок – фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды [5]. Критерием ОЯ является максимальный подъём уровня воды до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [6].

Угрозой населённым пунктам и объектам экономики в период прохождения паводка является подтопление, т.е. проникновение воды в подвалы через канализацию, различного рода траншеи и коллекторы, что характерно для территории автономного округа.

По данным МЧС России по ЯНАО, ещё одним источником опасности в период половодья является значительная поверхностная скорость течения воды при вскрытии рек (табл. 1). Различные русловые препятствия, как, например, крутые повороты, сужения, острова, изменения уклона поверхности от большего к меньшему, лишь усиливают процесс.

Повторяемость выхода воды на пойму в период половодья для средних и больших рек ЯНАО составляет 90–100 %. Максимальные годовые уровни воды для большинства рек территории наблюдаются в период весеннего половодья (в последних числах мая – начале июня). Для крупнейших рек округа (Обь, Надым,

Пур и Таз) максимальные годовые уровни воды в 80–90 % случаев сопровождаются ледовыми явлениями, в остальных 10–20 % случаев максимальные уровни наблюдаются в первую неделю после очищения ото льда. Среди населённых пунктов, подверженных затоплению в период весеннего половодья, – г. Салехард, г. Надым, пгт Уренгой, г. Тарко-Сале, пос. Аксарка, пос. Яр-Сале, пос. Овгорт, пос. Горки, с. Мужы [2, 7, 8].

Таблица 1

Скорости поверхностного течения при прохождении половодья по некоторым рекам ЯНАО (по данным за 2012 год)

Река	Населённый пункт	Скорость поверхностного течения, м/с
Сыня	Овгорт	0,50
Собь	Харп	2,71
Полуй	Полуй	1,31
Надым	Надым	1,35
Обь	Салехард	1,32
Пяку-Пур	Тарко-Сале	1,10
Хале-Савой	Халесовая	0,46
Еркал-Надей-Пур	Халесовая	1,18
Пур	Уренгой	0,84

1.2. Затопы и зажоры

Затор – скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъём уровня воды. Зажор – скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъём уровня воды [5]. Критерием ОЯ является подъём уровня до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % [6].

Реки Западной Сибири отличает продолжительный период подготовки ледяного покрова к вскрытию и, как следствие, непродолжительный ледоход и относительно невысокие заторные подъёмы уровней воды (1–2 м). Из-за особенностей рельефа местности повторяемость выхода воды на пойму в период весеннего ледохода и образования заторов составляет 90–100 % [7, 8].

Образуются заторы в местах крутых поворотов, сужений русла, при наличии островов. Главной причиной образования затора является задержка процесса вскрытия льда, когда кромка ледяного покрова смещается сверху вниз по течению. При этом движущийся сверху раздробленный лёд встречает на своём пути ещё не нарушенный ледяной покров. Обычно заторы образуются в годы с холодной суровой зимой и дружным снеготаянием весной, когда толщина льда достаточно велика, а быстрый подъём уровня воды в реках взламывает ещё крепкий, неразрушенный ледяной покров. Заторы льда отмечены преимущественно при высоких уровнях на подъёме или пике весеннего половодья. Заторные подъёмы уровней воды рек ЯНАО обычно не превышают 1–2 м.

Для предотвращения образования ледовых заторов, а также для освобождения понтонов, понтонно-мостовых переправ ото льда проводятся взрывные работы.

Скопления шуги подо льдом (зажоры) могут вызвать зимние подъёмы уровней воды на реках ЯНАО выше по течению до 1,5–2,0 м [2].

1.3. Расчёты вероятности возникновения опасных гидрологических явлений, связанных с высокими уровнями воды

Причиной достижения уровней воды своих максимальных годовых отметок может служить любой из вышеперечисленных факторов (чаще в совокупности). В табл. 2 и на рис. 2 представлены обеспеченности (для высоких уровней это то же, что и вероятности) возникновения ОЯ на водных объектах ЯНАО в окрестностях пунктов наблюдения за водным режимом. Отметка наступления ОЯ показана в последнем столбце табл. 2 как в сантиметрах над нулём гидрологического поста, так и в процентах обеспеченностей этих уровней (в скобках).

Здесь стоит учесть, что вероятность и обеспеченность для низких уровней не является одним и тем же, как для высоких уровней. Вероятность возникновения опасного явления для низких уровней вычисляется как $P = 100 \% - S$, а для высоких уровней (табл. 2) – как $P = S$, где P – вероятность; S – обеспеченность.

Например, вероятность (обеспеченность) наступления ОЯ в 10 % означает, что в 10 % случаев или раз в 10 лет в районе гидрологического поста уровни воды поднимутся до отметок возникновения ОЯ или выше. Как видно из табл. 2 и рис. 2 наибольшие вероятности наступления ОЯ (20 %) на реках ЯНАО существуют в пос. Овгорт на реке Сыня.

Таблица 2

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

Река – пункт	Максимальный годовой уровень воды различных обеспеченностей, см над «0» поста					Отметка наступления ОЯ, см над «0» поста (% обеспеч.)
	1 %	2 %	5 %	10 %	25 %	
р. Обь – г. Салехард	663	648	628	610	581	643 (2,8)
р. Обь – пос. Горки	1007	990	965	944	910	1016 (0,5 %)
р. Обь, прот. Малая Обь – с. Мужы	1010	970	915	885	849	944 (3,4 %)
р. Обь – пос. Питляр	846	799	799	771	740	780 (8,4 %)
р. Обь – с. Аксарка	562	548	527	510	486	558 (1,3 %)
р. Надым – г. Надым (речпорт)	581	562	533	508	465	562 (2,0 %)
р. Ныда – пос. Ныда	498	476	448	424	387	435 (7,7 %)
р. Полуй – тдс Полуй	841	826	803	783	749	824 (2,3 %)
р. Пур – с. Самбург	948	926	895	867	822	898 (4,7 %)
р. Пур – пгт Уренгой	1076	1039	994	957	906	1046 (1,8 %)
р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	1062	1050	1033	1017	990	1054 (1,7 %)
р. Собь – с. Катровож	778	757	730	707	672	754 (2,4 %)
р. Сыня – пос. Овгорт	788	760	721	688	636	650 (20,0 %)
р. Таз – с. Красноселькуп	1093	1087	1075	1064	1042	1135 (0,1 %)
р. Таз – пос. Толька	980	972	957	944	920	998 (0,1 %)
р. Таз – пгт Тазовский	994	978	953	931	895	991 (1,2 %)

На рис. 3 можно оценить тренды изменения максимальных годовых уровней воды в окрестностях некоторых из крупнейших населённых пунктов округа и их соотношение с уровнями наступления опасного явления для данных населённых пунктов.



Рис. 2. Вероятность (обеспеченность) возникновения ОЯ (высокие уровни) на водных объектах ЯНАО в окрестностях пунктов наблюдения за водным режимом

1.3.1. Исходные данные и методы обработки

Для выполнения расчётов были подготовлены массивы гидрологических параметров. В ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» накоплены гидрологические данные по территории России за всю историю наблюдений.

Данные на технических носителях хранятся в различных форматах, различия связаны с изменениями программ наблюдений в разные периоды и изменениями технологий автоматизированной обработки, которые менялись каждый раз со сменой поколений ЭВМ.

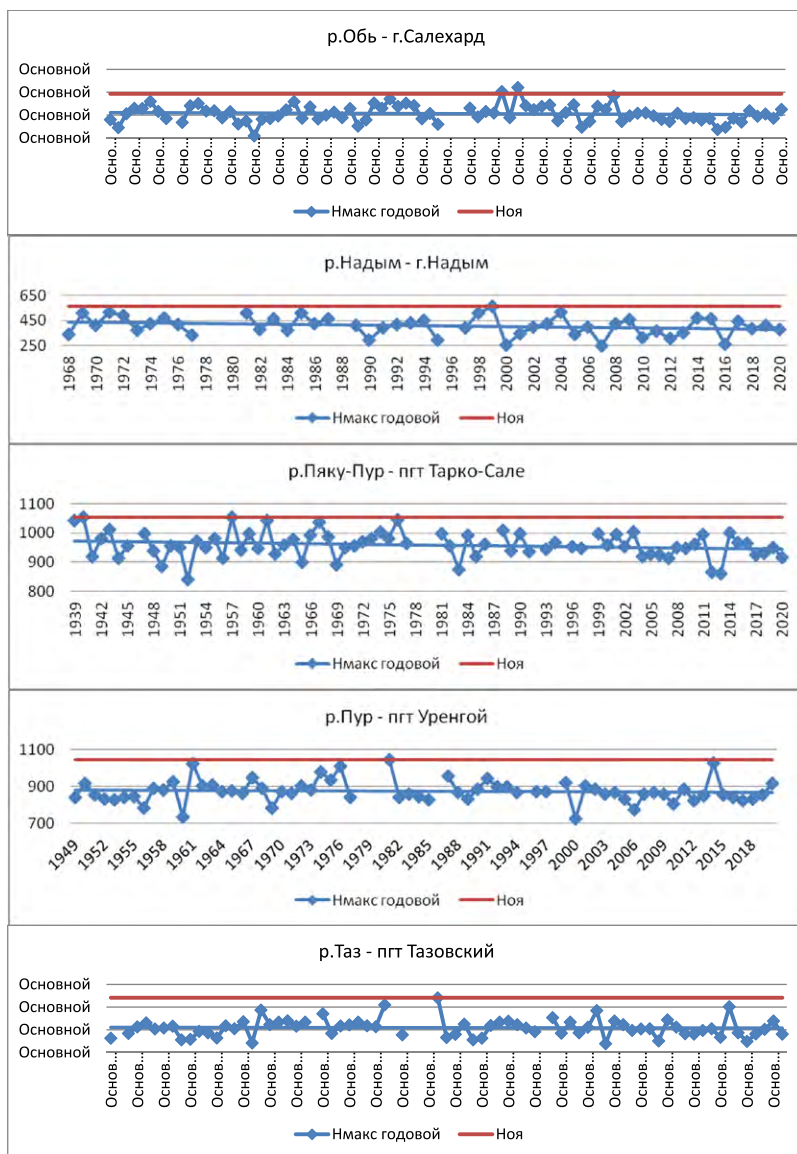


Рис. 3. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\text{макс годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОЯ ($H_{\text{оя}}$)

Для подготовки специализированной базы данных за период с начала наблюдений по 1985 год использовался исторический массив обобщённых гидрологических характеристик в электронном виде.

Исследование полноты и качества данных в историческом электронном архиве обобщённых гидрологических данных (с начала наблюдений по 1985 год) выполнялось при помощи разработанного в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» программного комплекса РЕКИ-ОГХ (Свидетельство о Госрегистрации № 2019610222 от 9 января 2019 г.). По результатам контроля были исправлены обнаруженные ошибки с использованием изданных справочников Водного кадастра.

Для пополнения массива обобщённых гидрологических характеристик за период после 1986 года использовался массив файлов режимных первичных данных наблюдений РЕКАСРОК, РЕКАСУТК.

Технологический процесс автоматизированной обработки режимных гидрологических данных выполнен в соответствие с нормативным документом РД 52.19.704–2013, разработанным в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» программным обеспечением РЕКИ-РЕЖИМ (Свидетельство о Госрегистрации № 2017615148 от 14 марта 2017 г.).

Расчёт 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 % обеспеченности максимальных уровней воды выполнялся на основании рядов данных максимальных годовых уровней воды. Расчёт обеспеченностей выполнялся в соответствии с методическими рекомендациями «Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений» ГГИ (2005) и при помощи программного обеспечения HydroStatCalc, разработанного в ФГБУ «ГГИ».

1.3.2. Описание и обсуждение результатов

Как видно из рис. 3, наблюдается снижение опасности затоплений за счёт убывающего тренда в многолетних колебаниях максимальных уровней воды. В работах других авторов [7] также подтверждается тенденция к снижению опасности затоплений, а также продолжительности затопления поймы.

2. Опасные гидрологические явления, связанные с низкими уровнями

Низкая межень – понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах – в течение не менее 10 дней [6].

Помимо наводнений не меньшую опасность для природы, населения и хозяйственного комплекса ЯНАО представляют маловодья. Эти явления нарушают нормальный режим водоснабжения населённых пунктов и промышленных предприятий, затрудняют функционирование водного транспорта.

Естественные причины маловодий – продолжительное сохранение сухой погоды, в результате чего истощаются запасы воды в русловой сети, водоёмах и подземных водоносных горизонтах. Ситуация сильно усугубляется во время серии маловодных лет и при хозяйственном изъятии части водного стока.

У каждого водопользователя и водопотребителя своё понимание маловодья, допустимого или критического минимального объёма стока, минимальных уровней и расходов воды. Работу водного транспорта в период межени лимитируют малые глубины. Для миграции, прохода на нерест, размножения и нагула промысловых и рыб ценных пород необходимы достаточные объёмы водного стока.

Для любых водозаборных сооружений наиболее важной проектной характеристикой является критический уровень воды ($H_{кр}$) (или определяющий его расход воды $Q_{кр}$) в водотоке, а также многолетняя обеспеченность $H_{кр}$ и число дней в году с $H \leq H_{кр}$ (или $Q \leq Q_{кр}$). Ниже $H_{кр}$ невозможен или сильно затруднён отбор воды в канал или трубы. Функционирование водозаборных сооружений, кроме того, осложняют русловые деформации (эрозия русла и сопутствующее ей понижения уровня воды в водотоке).

В табл. 3 представлены условия возникновения ОЯ (понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней) на водных объектах ЯНАО в окрестностях некоторых пунктов наблюдения за водным

режимом. Отметка наступления ОЯ показана как в сантиметрах над нулём гидрологического поста (по данным Обь-Иртышского УГМС), так и в процентах обеспеченностей этих уровней.

2.1. Исходные данные и методы обработки

Исходные данные и методы обработки по минимальным уровням воды полностью соответствуют ситуации с максимальными уровнями (пункт 1.3.1).

Таблица 3

**Возникновение ОЯ при низких уровнях на водных объектах ЯНАО
в пунктах наблюдения за водным режимом**

Река-пункт	Минимальный декадный уровень воды различных обеспеченностей, см над «0» поста					Отметка наступления ОЯ, см над «0» поста (% обеспеч.)
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	
р. Обь – г. Салехард			121	95	78	70 (94,4 %)
р. Надым – г. Надым (речпорт)	55	36	17	0	-14	50 (13,6 %)
р. Пур – с. Самбург			312	297	276	305 (61,7 %)

На рис. 4 представлена динамика минимальных среднедекадных уровней воды.

2.2. Описание и обсуждение результатов

По рис. 4 можно оценить тренды изменения минимальных среднедекадных уровней воды на некоторых крупных реках округа и их соотношение с уровнем наступления опасного явления. Так, на реке Надым (пост г. Надым) виден тренд к увеличению минимальных декадных уровней, что, несомненно, благоприятно скажется на условиях судоходства. На реке Пур в селе Самбург, наоборот, ситуация с минимальными декадными уровнями ухудшается.

Полученные результаты хорошо коррелируются с итогами работ других авторов [9]. Особое внимание стоит уделить ситуации в г. Надым, где, судя по отметке ОЯ по данным Обь-Иртышского УГМС, вероятность возникновения опасного явления, связанного с низкими уровнями, превышает 86 % ($100 \% - 13,6 \% = 86,4 \%$, где 13,6 – обеспеченность по табл. 3).

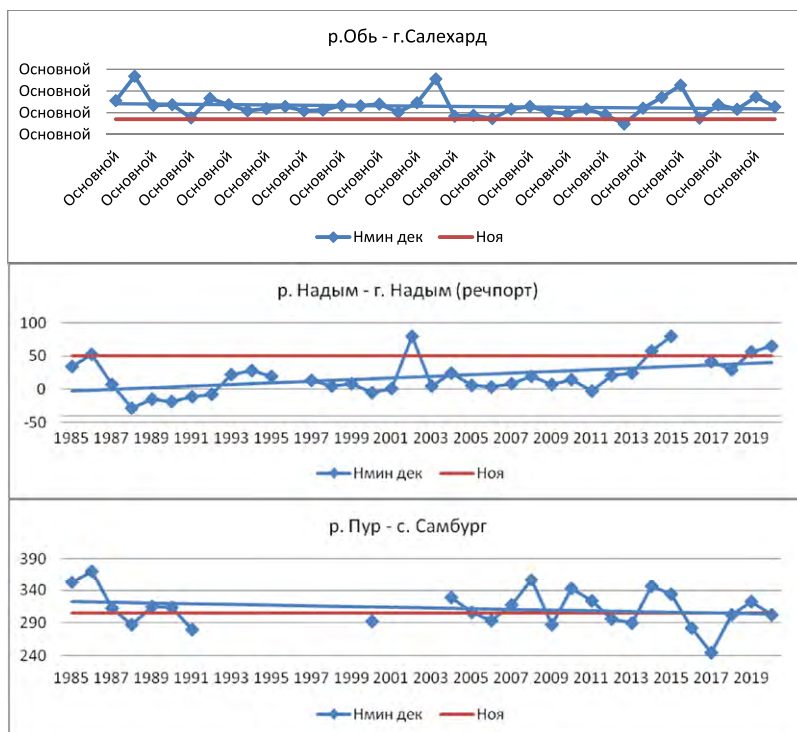


Рис. 4. Динамика минимальных среднедекадных уровней воды ($H_{\text{мин дек}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОЯ ($H_{\text{оя}}$)

Заключение

Наибольшие вероятности затоплений на реках ЯНАО на текущий момент существуют в пос. Овгорт на реке Сыня (20 %), в пос. Питляр на реке Обь (8,4 %) и в посёлке Ныда на реке Ныда (7,7 %). Однако в целом на реках ЯНАО наблюдается снижение опасности затоплений за счёт убывающего тренда в многолетних колебаниях максимальных уровней воды.

Опасные явления, связанные с минимальными уровнями воды наиболее выражены на реке Надым (пост г. Надым).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гниломедов Е.В. Вероятностная оценка возникновения опасных гидрологических явлений в Нижегородской области // Труды ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2018, Вып. 182. С. 67–77.
2. Агафонова С.А. Ледовый режим рек арктической зоны Западной Сибири в современных климатических условиях // Арктика и Антарктика. 2017. № 2. С. 25–33.
3. География Сибири в начале XXI века. Т. 5: Западная Сибирь. Новосибирск: ГЕО, 2016. 447 с.
4. Гусев Е.М., Насонова О.Н., Джоган Л.Я., Айзель Г.В. Моделирование формирования стока рек и снежного покрова на севере Западной Сибири // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 4. С. 387–395.
5. ГОСТ 19179–73 Гидрология суши. Термины и определения.
6. ГОСТ Р 22.1.08–99 Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования.
7. Агафонова С.А., Магрицкий Д.В., Романенко Ф.А., Банищикова Л.С. Наводнения на реках и побережьях арктической зоны России // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. Сборник научных трудов. 2019. С. 86–91.
8. Агафонова С.А., Банищикова Л.С. Затопы и заборы на реках арктической зоны России // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Труды всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1. 2019. С. 32–36.
9. Семёнов В.А., Гниломедов Е.В., Салугашвили Р.С., Голубев В.Н., Фролов Д.М. География распределения и генезис климатообусловленных изменений экстремальных расходов воды, опасных наводнений и маловодий на реках России // Труды ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2015. Вып. 179. С. 108–120.

УДК 551.501.4:551.510.53

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ, ПОСТУПАЮЩИХ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ В КОДЕ BUFR

Л. Н. Сенова¹, А. В. Беспрозванных²

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

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

Введение

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

С 2015 года ВМО не поддерживает традиционные буквенно-цифровые коды Всемирной службы погоды

Код FM 94 BUFR (Binary Universal Form for Representation meteorological data) является одним из видов ТОКФ и представляет собой компактный способ передачи данных за счёт двоичного кодирования благодаря совокупности используемых таблиц, которые позволяют форматировать передаваемую информацию, и является машинно-ориентированным кодом. Информация, заложенная в таблицах, может быть при необходимости изменена, что ведёт к изменению номера версии используемых таблиц. Описание формата кода FM 94 BUFR представлено в [2, 4]. Таким образом, кодирование и декодирование сообщения, передаваемого по каналам связи ГСТ, возможны только при наличии соответствующего программного обеспечения.

Во ВНИИГМИ-МЦД разработано программное обеспечение приёма, декодирования и формирования базы данных реляционного типа (СУБД PostgreSQL, СУБД Oracle) приземных синоптических наблюдений (SYNOP, CLIMAT) и данных ветрового

зондирования (TEMP, TEMP SHIP, PILOT, PILOT SHIP), поступающих с каналов связи ГСТ в кодах FM-94 BUFR, и внедрено в функционирующую с 2000 года технологию приёма и обработки оперативных данных, поступающих с каналов связи (система Omega) [1, 2]. Результатом работы технологии Omega является сформированная база данных системы управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare [3].

Настоящая статья посвящена описанию состава и структуры информационной базы данных климатологических наблюдений (CLIMAT), поступивших с каналов связи ГСТ в кодах FM-94 BUFR [4], категория данных 0 (по таблице A), подкатегория 20 (по таблице C-13).

Согласно технологии системы Omega и технологии системы CliWare данные каждого вида информации записываются в соответствующие таблицы базы данных. Для хранения климатологической информации, поступающей в коде FM-94 BUFR, используется таблица CLIMAT_BUFR.

Описание состава и структуры информационной базы данных

При разработке структуры таблицы CLIMAT_BUFR были соблюдены правила, принятые при проектировании базы данных системы CliWare:

- обязательное поле индекса станции размером до 9 байт с именем Station_Id;
- обязательное поле времени наблюдения типа Timestamp с именем Date_Obs;
- обязательный уникальный ключ.

В названии колонки, соответствующей метеорологическому элементу, было принято для удобства отражать код дескриптора метеорологического параметра с предшествующим ему символом «D_» (D_12101, D_12102,...). Каждый метеорологический параметр имеет свой признак контроля качества, имя колонки с признаком контроля качества (ПКК) формируется путём добавления в начало символа «Q» (QD_12101, QD_12102, ...).

Описание структуры таблицы CLIMAT_BUFR в терминологии среды СУБД PostgreSQL представлено ниже.

В таблице указаны название колонки, тип и точность хранимых климатологических характеристик, указана последовательность уникальных ключей. В графе **Комментарий** даны наименование гидрометеорологического параметра и единицы измерения для физических величин. Там, где единицы измерения представлены в МККТТ- МА5, данные были закодированы как символьные, выравненные влево внутри указанного поля, с использованием Международного алфавита № 5 МККТТ, а поле до своей указанной длины оставляется чистым. Если параметр выражен в кодовых величинах, то в графе **Комментарий** имеется ссылка к соответствующей кодовой таблице (КТ) или таблице флагов (ТФ). Содержимое кодовых таблиц представлено в документах [5, 6].

Т а б л и ц а

Таблица CLIMAT_BUFR – приземные климатологические данные

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Station_Id	varchar	9	unique	Индекс станции
Date_Obs	timestamp		unique	Дата наблюдения в виде ГГГГММДДчмм
Date_Write	timestamp			Дата записи телеграммы в БД
Type_Obs	numeric	2,0		Вид наблюдения (30)
Lat	numeric	9,5		D_05001 Широта (высокая точность), градусы
Lon	numeric	10,5		D_06001 Долгота (высокая точность), градусы
Centr	CHAR	5		Позывной центра связи
Status	numeric	5,0		Статус (количество метеозаписей в сообщении)
Qtel	numeric	5,0		Признак качества телеграммы (0-хорошая)
Bufr_edit	numeric	3,0		Номер редакции BUFR-сообщения
Orig_centre	numeric	5,0		Центр исходящего сообщения, КТ С-11
Sub_centre	numeric	5,0		Подцентр исходящего сообщения, КТ С-12
Cor	numeric	2,0		Последовательный номер обновления

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
Categ	numeric	3,0		Тип категории данных, КТ А, КТ С-13
Sub_categ	numeric	3,0		Подтип категории данных, КТ С-13
Ver_table	numeric	3,0		Номер версии использованных основных таблиц
Count_sub	numeric	3,0		Число поднаборов данных в сообщении
Type_data	numeric	3,0		Тип передаваемых данных (128-набл.,64-упак.,192-набл+упак)
D_01015	varchar	20		Название станции или поста, МККТТ-МА5
D_02001	numeric	1,0		Тип станции, КТ 0 02 001
D_07030	numeric	7,1		Высота площадки станции над средним уровнем моря, м
D_07031	numeric	7,1		Высота барометра над средним уровнем моря, м
D_04074	numeric	3,0		Кратковременный период или смещение, час
QD_04074	CHAR	1		ПКК
D_04023	numeric	3,0		Временной период или отклонение, дней
QD_04023	CHAR	1		ПКК
D_08023_1	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_1	CHAR	1		ПКК
D_10004	numeric	6,1		Давление на станции, гПа
QD_10004	CHAR	1		ПКК
D_10051	numeric	6,1		Давление, приведённое к уровню моря, гПа
QD_10051	CHAR	1		ПКК
D_07004	numeric	6,1		Давление (станд. изобар. поверхн.), гПа
QD_07004	CHAR	1		ПКК
D_10009	numeric	5,0		Геопотенциальная высота (станд. изобар. поверхн.), гПм
QD_10009	CHAR	1		ПКК
D_07032_1	numeric	5,2		Высота датчика температуры, м

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_07032_1	CHAR	1		ПКК
D_12101	numeric	6,2		Температура/температура по сухому термометру, °C
QD_12101	CHAR	1		ПКК
D_02051	numeric	2,0		Указатель для определения метода наблюдения экстремальных температур, КТ 0 02 051
QD_02051	CHAR	1		ПКК
D_04051	numeric	2,0		Основной срок суточного считывания показателей максимальной температуры, час
QD_04051	CHAR	1		ПКК
D_12118	numeric	6,2		Максимальная температура на указанной высоте за последние 24 часа ($K \rightarrow ^\circ C = K - 273,15$), °C
QD_12118	CHAR	1		ПКК
D_04052	numeric	2,0		Основной срок суточного считывания показателей минимальной температуры, час
QD_04052	CHAR	1		ПКК
D_12119	numeric	6,2		Минимальная температура на указанной высоте за последние 24 часа ($K \rightarrow ^\circ C = K - 273,15$), °C
QD_12119	CHAR	1		ПКК
D_13004	numeric	6,1		Давление пара, 100 гПа
QD_13004	CHAR	1		ПКК
D_08023_2	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_2	CHAR	1		ПКК
D_12151	numeric	6,2		Стандартное отклонение среднесуточной температуры, °C
QD_12151	CHAR	1		ПКК
D_07032_2	numeric	5,2		Высота датчика температуры (отмена)
QD_07032_2	CHAR	1		ПКК
D_08050_1	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_08050_1	CHAR	1		ПКК
D_08020_1	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_1	CHAR	1		ПКК
D_08050_2	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_2	CHAR	1		ПКК
D_08020_2	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_2	CHAR	1		ПКК
D_08050_3	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_3	CHAR	1		ПКК
D_08020_3	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_3	CHAR	1		ПКК
D_08050_4	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_4	CHAR	1		ПКК
D_08020_4	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_4	CHAR	1		ПКК
D_08050_5	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_5	CHAR	1		ПКК
D_08020_5	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_5	CHAR	1		ПКК
D_14032	numeric	3,0		Продолжительность солнечного сияния, час
QD_14032	CHAR	1		ПКК
D_14033	numeric	3,0		Продолжительность солнечного сияния, %
QD_14033	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08050_6	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_6	CHAR	1		ПКК
D_08020_6	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_6	CHAR	1		ПКК
D_08052_1	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_1	CHAR	1		ПКК
D_08022_1	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_1	CHAR	1		ПКК
D_08052_2	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_2	CHAR	1		ПКК
D_08022_2	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_2	CHAR	1		ПКК
D_08052_3	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_3	CHAR	1		ПКК
D_08022_3	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_3	CHAR	1		ПКК
D_08052_4	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_4	CHAR	1		ПКК
D_08022_4	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_4	CHAR	1		ПКК
D_08052_5	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_5	CHAR	1		ПКК
D_08022_5	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_5	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08052_6	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_6	CHAR	1		ПКК
D_08022_6	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_6	CHAR	1		ПКК
D_08052_7	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_7	CHAR	1		ПКК
D_08022_7	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_7	CHAR	1		ПКК
D_08052_8	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_8	CHAR	1		ПКК
D_08022_8	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_8	CHAR	1		ПКК
D_08052_9	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_9	CHAR	1		ПКК
D_08022_9	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_9	CHAR	1		ПКК
D_08052_10	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_10	CHAR	1		ПКК
D_08022_10	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_10	CHAR	1		ПКК
D_08052_11	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_11	CHAR	1		ПКК
D_08022_11	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_11	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08052_12	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_12	CHAR	1		ПКК
D_08022_12	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_12	CHAR	1		ПКК
D_08052_13	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_13	CHAR	1		ПКК
D_08022_13	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_13	CHAR	1		ПКК
D_08052_14	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_14	CHAR	1		ПКК
D_08022_14	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_14	CHAR	1		ПКК
D_08052_15	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_15	CHAR	1		ПКК
D_08022_15	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_15	CHAR	1		ПКК
D_08052_16	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_16	CHAR	1		ПКК
D_08022_16	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_16	CHAR	1		ПКК
D_08052_17	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_17	CHAR	1		ПКК
D_08022_17	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_17	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08052_18	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_18	CHAR	1		ПКК
D_08022_18	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_18	CHAR	1		ПКК
D_07032_3	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для температуры), м
QD_07032_3	CHAR	1		ПКК
D_08053_1	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_1	CHAR	1		ПКК
D_04003_1	numeric	2,0		День
QD_04003_1	CHAR	1		ПКК
D_12152	numeric	6,2		Самая высокая среднесуточная температура, °С
QD_12152	CHAR	1		ПКК
D_08053_2	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_2	CHAR	1		ПКК
D_04003_2	numeric	2,0		День
QD_04003_2	CHAR	1		ПКК
D_12153	numeric	6,2		Самая низкая среднесуточная температура, °С
QD_12153	CHAR	1		ПКК
D_08053_3	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_3	CHAR	1		ПКК
D_04003_3	numeric	2,0		День
QD_04003_3	CHAR	1		ПКК
D_08023_3	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_3	CHAR	1		ПКК
D_12101_3	numeric	6,2		Температура/температура по сухому термометру, °С
QD_12101_3	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08053_4	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_4	CHAR	1		ПКК
D_04003_4	numeric	2,0		День
QD_04003_4	CHAR	1		ПКК
D_08023_4	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_4	CHAR	1		ПКК
D_12101_4	numeric	6,2		Температура/температура по сухому термометру, °C
QD_12101_4	CHAR	1		ПКК
D_08023_5	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_5	CHAR	1		ПКК
D_07032_5	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для ветра), м
QD_07032_5	CHAR	1		ПКК
D_02002	numeric	2,0		Тип приборного обеспечения для измерения ветра, TF 0 02 002
QD_02002	CHAR	1		ПКК
D_08053_5	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_5	CHAR	1		ПКК
D_04003_5	numeric	2,0		День
QD_04003_5	CHAR	1		ПКК
D_11046_5	numeric	5,1		Максимальная мгновенная скорость ветра, м/с
QD_11046_5	CHAR	1		ПКК
D_08053_6	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_6	CHAR	1		ПКК
D_04003_6	numeric	2,0		День
QD_04003_6	CHAR	1		ПКК
D_04004_6	numeric	2,0		Час
QD_04004_6	CHAR	1		ПКК
D_04023_6	numeric	3,0		Временной период или отклонение, день

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_04023_6	CHAR	1		ПКК
D_07032_7	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для осадков), м
QD_07032_7	CHAR	1		ПКК
D_13060_7	numeric	6,2		Общие суммарные осадки, мм
QD_13060_7	CHAR	1		ПКК
D_13051_7	numeric	2,0		Группа повторяемости, осадки, КТ 0 13 051
QD_13051_7	CHAR	1		ПКК
D_04053_7	numeric	2,0		Число дней с осадками, равными или более 1 мм
QD_04053_7	CHAR	1		ПКК
D_08050_7	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_7	CHAR	1		ПКК
D_08020_7	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_7	CHAR	1		ПКК
D_08052_71	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_71	CHAR	1		ПКК
D_08022_71	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_71	CHAR	1		ПКК
D_08052_72	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_72	CHAR	1		ПКК
D_08022_72	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_72	CHAR	1		ПКК
D_08052_73	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_73	CHAR	1		ПКК
D_08022_73	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_73	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08052_74	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_74	CHAR	1		ПКК
D_08022_74	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_74	CHAR	1		ПКК
D_08052_75	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_75	CHAR	1		ПКК
D_08022_75	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_75	CHAR	1		ПКК
D_08052_76	numeric	2,0		Условие, для которого далее указывается число дней с явлением, КТ 0 08 052
QD_08052_76	CHAR	1		ПКК
D_08022_76	numeric	3,0		Количество изменений в выборке
QD_08022_76	CHAR	1		ПКК
D_08053_7	numeric	1,0		Описатель дня с явлением, КТ 0 08 053
QD_08053_7	CHAR	1		ПКК
D_04003_7	numeric	2,0		День
QD_04003_7	CHAR	1		ПКК
D_13052_7	numeric	6,2		Самое высокое суточное количество осадков, мм
QD_13052_7	CHAR	1		ПКК
D_07032_70	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадкой (для осадков), м
QD_07032_70	CHAR	1		ПКК
D_04001_81	numeric	4,0		Начало периода, год
QD_04001_81	CHAR	1		ПКК
D_04001_82	numeric	4,0		Конец периода, год
QD_04001_82	CHAR	1		ПКК
D_04002_8	numeric	2,0		Месяц
QD_04002_8	CHAR	1		ПКК
D_04003_8	numeric	2,0		День

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_04003_8	CHAR	1		ПКК
D_04004_8	numeric	2,0		Час
QD_04004_8	CHAR	1		ПКК
D_04074_8	numeric	3,0		Кратковременный период или смещение, часы
QD_04074_8	CHAR	1		ПКК
D_04022_8	numeric	3,0		Временной период или отклонение, месяц
QD_04022_8	CHAR	1		ПКК
D_08023_8	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_8	CHAR	1		ПКК
D_10004_8	numeric	6,1		Атмосферное давление на уровне станции, гПа
QD_10004_8	CHAR	1		ПКК
D_10051_8	numeric	6,1		Давление, приведённое к среднему уровню моря, гПа
QD_10051_8	CHAR	1		ПКК
D_07004_8	numeric	6,1		Давление (станд. изобар. поверхн.), гПа
QD_07004_8	CHAR	1		ПКК
D_10009_8	numeric	5,0		Геопотенциальная высота (станд. изобар. поверхн.), гПм
QD_10009_8	CHAR	1		ПКК
D_07032_9	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для температуры), м
QD_07032_9	CHAR	1		ПКК
D_12101_9	numeric	6,2		Температура/температура по сухому термометру, °С
QD_12101_9	CHAR	1		ПКК
D_02051_9	numeric	2,0		Указатель для определения метода наблюдения экстремальных температур, КТ 0 02 051
QD_02051_9	CHAR	1		ПКК
D_04051_9	numeric	2,0		Основной срок суточного считывания показателей максимальной температуры, час

Продолжение таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
QD_04051_9	CHAR	1		ПКК
D_12118_9	numeric	6,2		Максимальная температура на указанной высоте за последние 24 часа, °C
QD_12118_9	CHAR	1		ПКК
D_04052_9	numeric	2,0		Основной срок суточного считывания показателей минимальной температуры, час
QD_04052_9	CHAR	1		ПКК
D_12119_9	numeric	6,2		Минимальная температура на указанной высоте за последние 24 часа ($K \rightarrow ^\circ C = K - 273,15$), °C
QD_12119_9	CHAR	1		ПКК
D_13004_9	numeric	6,1		Давление пара, гПа
QD_13004_9	CHAR	1		ПКК
D_12151_9	numeric	6,2		Стандартное отклонение среднесуточной температуры, °C
QD_12151_9	CHAR	1		ПКК
D_07032_90	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для гелиографа), м
QD_07032_90	CHAR	1		ПКК
D_14032_9	numeric	3,0		Продолжительность солнечного сияния, час
QD_14032_9	CHAR	1		ПКК
D_08023_9	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_9	CHAR	1		ПКК
D_04001_101	numeric	4,0		Начало периода, год
QD_04001_101	CHAR	1		ПКК
D_04001_102	numeric	4,0		Конец периода, год
QD_04001_102	CHAR	1		ПКК
D_04002_10	numeric	2,0		Месяц
QD_04002_10	CHAR	1		ПКК
D_04003_10	numeric	2,0		День
QD_04003_10	CHAR	1		ПКК
D_04004_10	numeric	2,0		Час
QD_04004_10	CHAR	1		ПКК

Продолжение таблицы

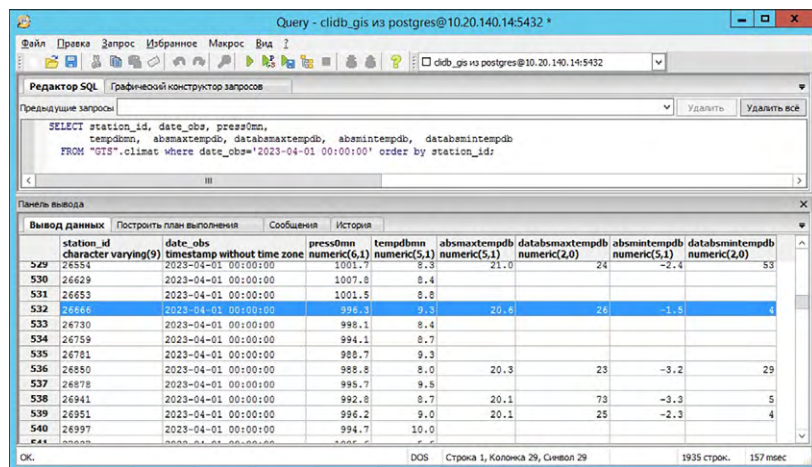
Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_04022_10	numeric	2,0		Временной период или отклонение, месяц
QD_04022_10	CHAR	1		ПКК
D_07032_10	numeric	5,2		Высота датчика над местной площадью (для осадков), м
QD_07032_10	CHAR	1		ПКК
D_08023_101	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_101	CHAR	1		ПКК
D_13060_10	numeric	6,2		Общие суммарные осадки, мм
QD_13060_10	CHAR	1		ПКК
D_04053_10	numeric	2,0		Число дней с осадками, равными или более 1 мм
QD_04053_10	CHAR	1		ПКК
D_08023_102	numeric	2,0		Данные первого порядка, КТ 0 08 023
QD_08023_102	CHAR	1		ПКК
D_08050_111	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_111	CHAR	1		ПКК
D_08020_111	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_111	CHAR	1		ПКК
D_08050_112	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_112	CHAR	1		ПКК
D_08020_112	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_112	CHAR	1		ПКК
D_08050_113	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_113	CHAR	1		ПКК
D_08020_113	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_113	CHAR	1		ПКК

Окончание таблицы

Название колонки	Тип данных	Точность	Ключ	Комментарий
D_08050_114	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_114	CHAR	1		ПКК
D_08020_114	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_114	CHAR	1		ПКК
D_08050_115	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_115	CHAR	1		ПКК
D_08020_115	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_115	CHAR	1		ПКК
D_08050_116	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_116	CHAR	1		ПКК
D_08020_116	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_116	CHAR	1		ПКК
D_08050_117	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_117	CHAR	1		ПКК
D_08020_117	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_117	CHAR	1		ПКК
D_08050_118	numeric	2,0		Определитель для ряда отсутствующих значений при расчёте статистик, КТ 0 08 050
QD_08050_118	CHAR	1		ПКК
D_08020_118	numeric	3,0		Общее число отсутствующих величин (для суммы или средней)
QD_08020_118	CHAR	1		ПКК

Записанная в базу данных информация может быть доступна в интерактивном режиме как через приложение СУБД (рис. 1),

так и средствами доступа системы CliWare 2.1 через интерфейс системы (рис. 2).



Query - cliwb_gis из postgres@10.20.140.14:5432 *

Редатор SQL Графический конструктор запросов

Предыдущие запросы

```
SELECT station_id, date_obs, presdbmm,
tempdbmm, absmtempdb, databsmtempdb, absmintempdb, databsmintempdb
FROM "GIS".climat where date_obs='2023-04-01 00:00:00' order by station_id;
```

Панель вывода

	station_id character varying(9)	date_obs timestamp without time zone	presdbmm numeric(6,1)	tempdbmm numeric(5,1)	absmtempdb numeric(5,1)	databsmtempdb numeric(2,0)	absmintempdb numeric(5,1)	databsmintempdb numeric(2,0)
529	26554	2023-04-01 00:00:00	1001.7	8.3	21.0	24	-2.4	53
530	26629	2023-04-01 00:00:00	1007.8	8.4				
531	26653	2023-04-01 00:00:00	1001.5	8.5				
532	26544	2023-04-01 00:00:00	997.5	7.8	20.6	26	-1.5	4
533	26730	2023-04-01 00:00:00	998.1	8.4				
534	26759	2023-04-01 00:00:00	994.1	8.7				
535	26781	2023-04-01 00:00:00	988.7	9.3				
536	26850	2023-04-01 00:00:00	998.8	9.0	20.3	23	-3.2	29
537	26878	2023-04-01 00:00:00	995.7	9.5				
538	26941	2023-04-01 00:00:00	992.8	9.7	20.1	73	-3.3	5
539	26951	2023-04-01 00:00:00	996.2	9.0	20.1	25	-2.3	4
540	26997	2023-04-01 00:00:00	994.7	10.0				

Строка 1, Колонка 29, Символ 29 1935 строк. 157 msec

Рис. 1. Фрагмент выборки климатологических данных, поступивших в символическом коде FM-71, за апрель месяц 2023 года через приложение СУБД PostgreSQL

Файлы

Карты

Журнал

Детальные данные

История

Справка

Клиент

Настройка

Данные

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Детальные данные

История

Справка

Рис. 2. Выбранные средствами системы CliWare 2.1 климатологические данные, поступившие в коде FM-94 BUFR, по заданному району за апрель месяц 2023 года

Статистика поступления в базу данных BUFR-информации представлена на рис. 3. Она отображается средствами web-приложения системы CliWare 2.1 – мониторинга оперативной информации, поступающей по каналам связи, которое размещено по адресу <http://10.20.140.13/realtimemon/index.jsp> [7]. Синим цветом выделены строки, относящиеся к климатологической информации.

Тип	Кол-во в час	Кол-во в сутки	Наименование	Описание
11	8	6839	temp	Аэрологические данные температурно-ветрового зондирования
12	1	1749	pilot	Аэрологические данные ветрового зондирования
20	28	1633	storm	Штормовые и иные предупреждения об опасных метеорологических явлениях
21	0	129	kr-68	Прогноз погоды по управлению
23	35	883	water	Штормовые сообщения наблюдательных подразделений
30	5	386	climat	Месечные климатические обобщения с наземных станций (CLIMAT и CLIMAT BUFR)
31	1576	79742	wupor	Приземные наблюдения с фиксированных наземных станций
32	136	417	kn-13	Информация о радиационной обстановке (KN-13)
34	494	17269	ship	Приземные наблюдения с морских станций
36	0	56	kn02_sea	Береговые гидрологические наблюдения на морских станциях и постах
71	0	42	bathy	Данные батиметрических наблюдений
72	222	10263	tesac	Данные с морских станций о температуре, солёности и течении
74	96	2504	buoy	Наблюдения с буев
75	0	3053	trackob	Наблюдения за поверхностью моря по маршрутам следования судов
81	41	2054	hydra	Гидрологические наблюдения на реках, озерах и водохранилищах
91	3	2182	temp buftr	Аэрологические данные температурно-ветрового зондирования (BUFR)
92	0	247	pilot buftr	Аэрологические данные ветрового зондирования (BUFR)
95	3382	114595	wupor buftr	Приземные наблюдения с фиксированных наземных станций (BUFR)

Итого наблюдений: за час 6026 за сутки 244043

Рис. 3. Статистика поступления в базу данных оперативной информации

В процессе формирования базы данных проводился сравнительный анализ соответствующих значений метеопараметров символьных сообщений (код FM-71) и двоичных сообщений (код FM-94 BUFR).

Поскольку таблицы базы данных с оперативной климатологической информацией, поступающей по каналам связи в кодах BUFR, являются исходным массивом для формирования архива CLIMAT BUFR, то при разработке технологии формирования архива CLIMAT BUFR также осуществлялся контроль значений элементов, что позволило провести дополнительные корректировки метео-элементов и программы записи в таблицу. Таким образом была выверена структура базы данных климатологической информации.

В настоящее время ежемесячно поступает климатологическая информация:

- в коде FM-94 BUFR примерно с 1050–1100 станций из разных государств;
- в коде FM-71 примерно с 2700–2900 станций;
- **только** в коде FM-94 BUFR примерно с 200 станций;
- и в коде FM-94 BUFR, и в коде FM-71 примерно с 900 станций;
- часть стран (в том числе и Россия) передают климатологическую информацию только в коде FM-71, это примерно с 2000 станций.

Заключение

Таблица CLIMAT_BUFR с оперативной климатологической информацией, поступающей по каналам связи в коде BUFR, является исходным массивом для формирования архива CLIMAT BUFR. Технология создания данного архива выполнена на базе системы CliWare 2.1. Данная технология очень важна и необходима в случае прекращения передачи климатологической информации по каналам связи ГСТ в традиционных буквенно-цифровых кодах, на базе которых в настоящее время формируется архив CLIMAT.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспрозванных А.В., Потапова Е.П., Сенова Л.Н., Ульянич Н.Л., Шерстюкова Р.А. Приём, обработка и использование метеорологической информации, поступающей с каналов связи //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып.174. С. 28–40.
2. Сенова Л.Н. Обработка системой OMEGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 186. С. 142–145.
3. Беспрозванных А.В., Сенова Л.Н., Ульянич Н.Л., Шерстюкова Р.А. Система управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare 2.1 – область применения //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 164–181.
4. *Наставление по кодам. Международные коды. Том 1.2. Часть В – Двоичные коды. Часть С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов* //Всемирная метеорологическая организация. ВМО-№ 306. Издание 2015 года. Обновлено в 2018 году.

URL: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v12/Volume1.2.html (дата обращения: 10.05.2023).

5. *Руководство* ВМО по кодовым формам с табличным поиском: FM-94 BUFR и FM-95 CREX.

URL: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WMOCodes/Guides/BUFRCREXPreface_ru.html (дата обращения: 10.05.2023).

6. *Versions of the Machine Readable Codes for Manual on Codes, Volume I.2*

URL: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/wis/previous-versions>, (дата обращения: 10.05.2023).

7. *Система* управления гидрометеорологической информацией и получения климатической продукции CliWare.

URL: <http://10.20.140.13/cliware/index.jsp> (дата обращения: 10.05.2023).

УДК 551.553.6

МАССИВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКОРОСТИ ВЕТРА В НИЖНЕМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПО АЭРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

А. В. Хохлова

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

Введение

Для решения ряда прикладных задач (ветроэнергетика, проектирование различных объектов и др.) необходимо знание климатических характеристик скорости ветра в нижнем приземном слое атмосферы. Обычно это высоты 100–150 м, но в отдельных случаях требуется знание климатических характеристик ветра и на более высоких уровнях – до 500 м и выше. В предыдущих работах автором сделано исследование возможности определения климатических характеристик скорости ветра в нижнем слое атмосферы с использованием аэрологических и приземных данных по известным эмпирическим зависимостям возрастания скорости ветра с высотой [1–3]. При наличии аэрологических измерений скорость и направление ветра на заданной высоте определяются для каждого зондирования путём интерполяции/экстраполяции по данным наблюдений на двух нижних уровнях, при этом используется степенной или логарифмический закон возрастания скорости ветра с высотой. Оценка направления ветра делается с использованием формул Экмана. После определения скорости и направления ветра на заданных высотах рассчитываются статистические характеристики скорости ветра. В работах показано, что применение такой схемы для расчёта климатических характеристик ветра даёт удовлетворительные результаты.

С помощью разработанного алгоритма создан массив климатических характеристик скорости ветра в нижнем слое атмосферы

до высот 550 м по данным российских аэрологических станций. В настоящей работе приведено описание этого массива и некоторые результаты, иллюстрирующие характеристики скорости ветра на отдельных станциях.

Данные и метод

Климатические характеристики скорости ветра получены на основе архивов многолетних аэрологических наблюдений АЭРОСТАБ и АЭРОСТАС, которые созданы в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» из сводок, поступающих по каналам связи из глобальной системы телесвязи [4–6]. Для создания массива климатических характеристик скорости ветра отобрано около 100 наиболее длиннорядных и действующих станций на территории Российской Федерации и ближайших к РФ на территории стран ближнего зарубежья. На рис. 1 показано расположение станций, данные которых входят в массив.

Детальное описание алгоритма определения скорости и направления ветра в нижнем слое приведено в [1].

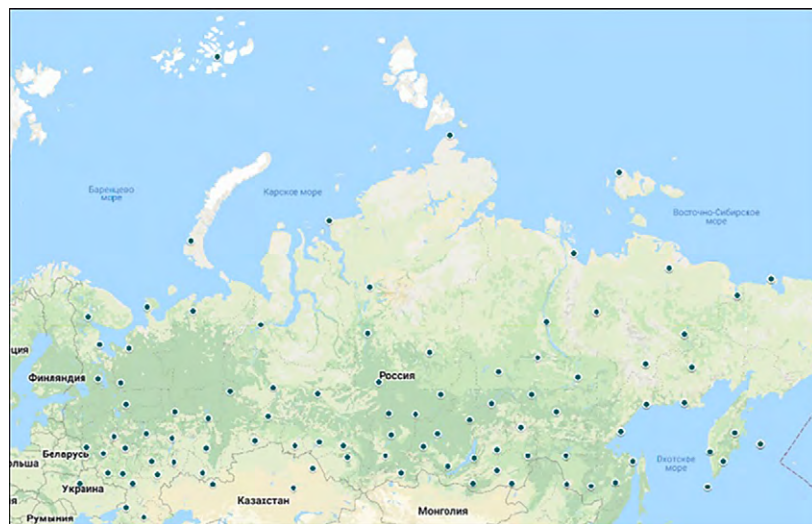


Рис. 1. Географическое положение аэрологических станций, по данным которых создан массив

Расчёт скорости ветра на заданных высотах выполнялся двумя способами: с помощью известных эмпирических законов и путём линейной интерполяции.

Имеется несколько эмпирических законов возрастания скорости ветра с высотой. Наиболее простые из них – это степенной закон и логарифмический закон [7, 8]:

$$V = V_f \cdot \left(\frac{Z}{Z_f} \right)^a, \quad V = V_f \frac{\ln\left(\frac{Z}{k_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_f}{k_0}\right)}.$$

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

Параметр шероховатости имеет большой диапазон изменчивости – от миллиметров до метров. Физический смысл показателя степени не совсем ясен, но он значительно менее изменчив, составляя в среднем 0,20–0,40. Это делает применение степенного закона более удобным.

Расчёт скорости ветра на заданных высотах производится в два этапа: сначала по данным измерения скорости ветра у поверхности и ближайшем уровне по высоте рассчитываются эмпирические коэффициенты, в том числе и коэффициент шероховатости, затем с использованием полученных коэффициентов производится расчёт скорости ветра на требуемых высотах. Результаты, полученные при использовании степенного и логарифмического закона, достаточно близки. В массиве даны значения скорости, определённые по степенному закону и с использованием линейной интерполяции. В случае штиля у поверхности земли использовалась линейная интерполяция на заданные высоты. В результате применения такого алгоритма получены также средние значения эмпирических коэффициентов (показателя степени и параметра шероховатости).

Следует отметить, что в ряде случаев имеет место нестандартное изменение скорости ветра с высотой: в самом нижнем слое до высот 100–150 м скорость ветра уменьшается, затем возрастает. Это происходит в 5–10 % от общего количества наблюдений,

при этом в северных широтах количество таких случаев больше, чем в умеренных.

Направление скорости ветра рассчитывается также в двух вариантах: с помощью линейной интерполяции и с применением формул Экмана для скорости ветра в пограничном слое. В предположении, что геострофический ветер одинаков во всём пограничном слое, для определения направления применяются формулы Экмана, которые дают зависимость отклонения ветра от геострофического с высотой. В формулы Экмана входит высота пограничного слоя, в настоящих расчётах она предполагалась равной 1500 м.

Оба подхода обеспечивают только приблизительную оценку и могут давать значительную ошибку для отдельных случаев, но при осреднении по большому количеству случаев достаточно хорошо воспроизводят реальную картину. Расчёты скорости и направления ветра в нижнем слое атмосферы выполнены для каждого зондирования, затем произведено осреднение и расчёт следующих климатических характеристик: средних значений скорости ветра, распределения по направлениям, а также средних значений эмпирических коэффициентов.

Описание массива

Массив климатических характеристики скорости ветра в нижнем слое атмосферы создан в рамках выполнения темы плана НИТР на 2020–2024 гг. с использованием упомянутых расчётных алгоритмов. Характеристики скорости ветра рассчитаны за период 1978–2020 гг. Массив представляет собой набор файлов с именами StatNNNNN.DAT, где NNNNN – синоптический индекс станции. Содержанием каждого файла является набор таблиц в текстовом формате:

- средние значения и среднеквадратические отклонения скорости ветра для 12 календарных месяцев и за весь период, рассчитанные по степенному закону и через линейную интерполяцию;
- средние для календарных месяцев и за весь период значения показателя степени и параметра шероховатости;
- распределения направления скорости ветра в 8 румбах для календарных месяцев и за весь период, рассчитанные по формулам Экмана и через линейную интерполяцию.

Средние скорости и распределения по направлениям даны на 12 уровнях высоты от поверхности земли до 550 м с интервалом 50 м.

Ниже приведены некоторые результаты, иллюстрирующие характеристики скорости ветра на двух станциях, расположенных в разных географических регионах, – Саратов и Салехард. На рисунках показан годовой ход скорости ветра на трёх уровнях высоты, годовой ход показателя степени α в степенном законе и распределения по направлениям в 8 румбах за весь период на двух уровнях высоты.

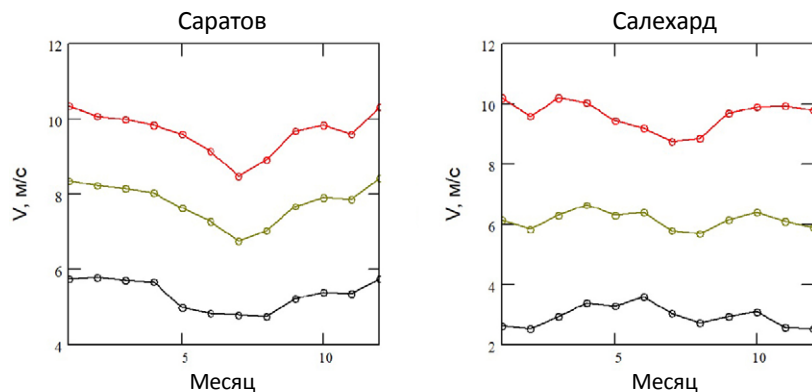


Рис. 2. Годовой ход средней скорости ветра V на высотах 10, 100 и 300 м

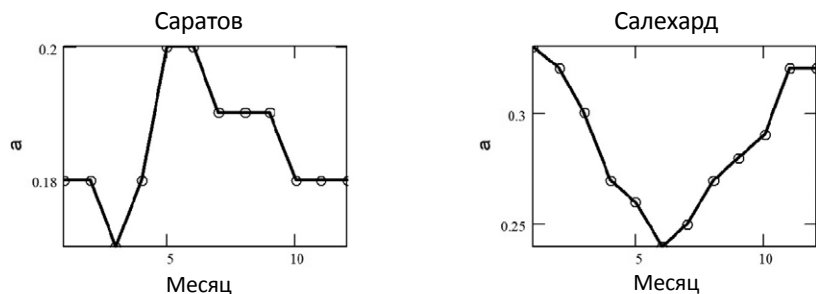


Рис. 3. Годовой ход показателя степени α в степенном законе возрастания ветра с высотой, рассчитанного по аэрологическим данным

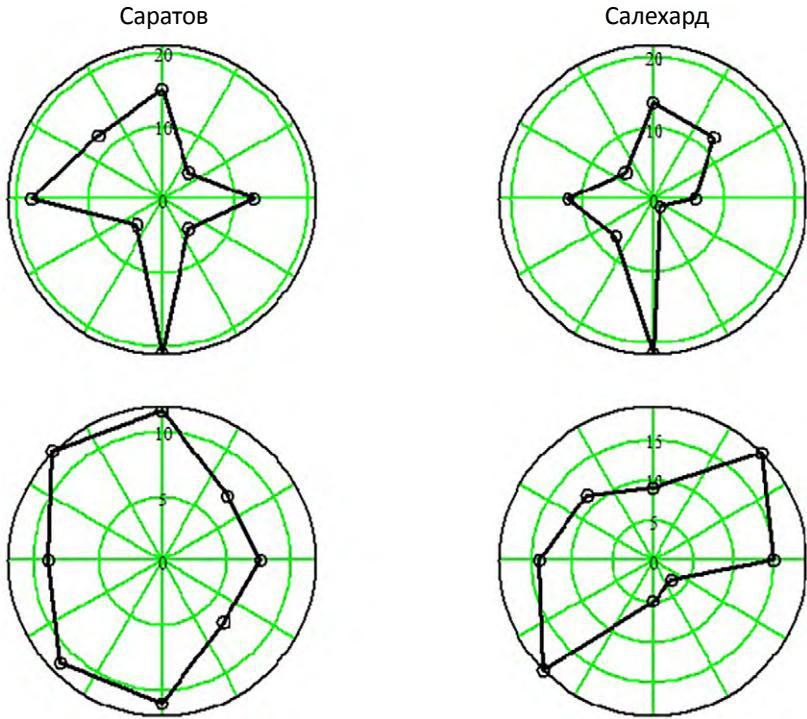


Рис. 4. Распределения скорости ветра по направлениям в % на 2 уровнях высоты: у поверхности земли (верхний ряд) и на высоте 300 м (нижний ряд) за весь период

Годовой ход средней скорости ветра на этих станциях имеет различный характер: в целом скорость ветра уменьшается в тёплый сезон и увеличивается в холодный.

Как видно из рис. 3, показатель степени в степенном законе имеет значения 0,15–0,35, при этом его годовой ход имеет различный характер на этих станциях.

Распределения скорости ветра по направлениям на этих станциях у поверхности земли достаточно близки к данным из других источников (<https://world-weather.ru/archive/russia/>, дата обращения: 24.05.2023).

Заключение

Созданный массив климатических характеристик скорости ветра в нижнем слое атмосферы может быть использован для получения справочных климатических сведений по российским станциям и регионам, а также для научных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлова А.В. Оценка климатических характеристик скорости ветра в приземном слое по радиозондовым данным // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 19–28.
2. Хохлова А.В. Определение климатических характеристик скорости ветра на высотах до 600–650 м по приземным измерениям // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 175–186.
3. Козлова Л.Ф., Лавров А.С., Руденкова Т.В., Тимофеев А.А., Хохлова А.В. Демонстрационный пакет справочных аэроклиматических характеристик на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 59–73.
4. Казначеева В.Д., Руденкова Т.В. Организация текущих аэрологических данных на магнитных лентах ЕС // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1985. Вып. 115. С. 91–108.
5. Руденкова Т.В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
6. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Том 1: Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.
7. Гладкий В.Ф. Динамика конструкции летательного аппарата. М.: Наука, 1969. 496 с.
8. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. М.: Изд-во Московского университета, 1986. 328 с.

УДК 551.554

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАССЕЙНИЯ ПРИМЕСИ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА

А.В. Хохлова¹, А.С. Лавров

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

Введение

Проектирование строительных площадок под крупные потенциально загрязняющие объекты требует значительного объёма предварительных исследований гидрометеорологического режима местности. Одной из важнейших составляющих этих исследований является изучение аэроклиматических условий в пограничном слое. Аэрологическая компонента нацелена на выяснение вопроса о переносе и рассеянии примеси в пограничном слое, для чего требуются климатические характеристики в нижнем слое атмосферы. Данные о скорости ветра позволяют оценить скорость и преимущественное направление распространения примеси. Важным параметром является повторяемость штилей и слабых ветров, а также повторяемость температурных инверсий. Штиль в сочетании с приподнятой температурной инверсией создаёт условия, когда примесь не может рассеиваться и создаётся загрязняющее облако.

Типовой набор параметров, требуемых для проектирования, обычно включает характеристики температурно-ветрового режима и устойчивости атмосферы в пограничном слое [1]. Для расчёта этих величин используются многолетние аэрологические данные в нижнем слое атмосферы до высот 1500–2000 м. Ранее созданный пакет программ статистической обработки [2, 3] включает в себя расчёт и определение практически всех параметров, необходимых для исследования климатических условий в пограничном слое.

Пакет ориентирован на использование радиозондовых данных. В последнее время разработан и принят ряд новых документов, регламентирующих изыскательские работы при проектировании таких площадок [4]. В новых документах допускается определение требуемых параметров не только по аэрологическим наблюдениям, но и по данным реанализа в случае отсутствия в ближайшей окрестности аэрологических станций. В связи с этим разработан новый программный комплекс для определения и расчёта требуемых параметров, основанный на данных реанализа ERA5. В статье приведено краткое описание используемых данных, алгоритмов расчёта аэроклиматических параметров и сравнение их с результатами, полученными по данным радиозондирования.

Характеристики массива реанализа ERA5

Данные реанализов, то есть, срочных полей метеоэлементов на регулярной сетке, построены на основе измерений с различных платформ и моделей. Поля реанализа формируются в нескольких климатических центрах. Для расчёта требуемых характеристик в настоящей работе используются данные реанализа ERA5 [5, 6]. ERA5 – глобальный атмосферный реанализ пятого поколения, разрабатываемый Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). В нём представлены ежесуточные данные с временным разрешением в 1 час за период с 1959 года по настоящее время (с 1950 года в предварительной версии). Пространственное горизонтальное разрешение полей реанализа ERA5 составляет $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, по вертикали имеется 137 уровней от поверхности земли до 0,01 гПа.

Для расчёта требуемых аэроклиматических характеристик пограничного слоя используются следующие срочные данные массива реанализа на уровне земли и на изобарических поверхностях (1000, 975, 950, 925, 900, 875, 850, 825, 800, 775, 750, 700, 650, 600 и 550 гПа):

- температура воздуха;
- зональная компонента скорости ветра;
- меридиональная компонента скорости;
- геопотенциальная высота.

Стандартный набор требуемых аэроклиматических характеристик

Ниже перечислены основные аэроклиматические параметры пограничного слоя, обычно требуемые при проведении изысканий и рассчитываемые в программном комплексе.

Ветровой режим в пограничном слое:

- средняя и результирующая скорости ветра на заданных высотах и в слоях,
- распределение скорости ветра по направлениям в 8 и 16 румбах, средние скорости ветра в этих направлениях, с градами по значению скорости ветра, на заданных высотах;
- повторяемость штилей и слабых ветров.

Характеристики температурной стратификации и устойчивости атмосферы в пограничном слое:

- средние вертикальные градиенты температуры воздуха в заданных слоях;
- повторяемость, интенсивность и мощность приземных температурных инверсий;
- повторяемость, интенсивность и мощность приподнятых температурных инверсий в заданных слоях.

Комплексные характеристики:

- повторяемость категорий устойчивости атмосферы;
- характеристики слоя перемешивания: высота, средняя скорость ветра и вертикальный градиент температуры;
- совместная повторяемость скоростей и направлений ветра при разных классах устойчивости атмосферы на заданных высотах.

Программный комплекс для расчёта этих величин реализован в пакете программ для статистической обработки наблюдений SAS (Statistical Analysis System). Выходной продукцией являются таблицы с перечисленными характеристиками, рассчитанными по данным реанализа ERA5.

Расчёт характеристик выполняется в несколько этапов: интерполяция температурно-ветровых профилей за отдельные сроки на заданные высоты, анализ температурно-ветрового профиля и расчёт характеристик за каждый срок, выполнение статистических

расчётов аэроклиматических характеристик по месяцам, сезонам или за весь анализируемый период.

Для анализа профиля необходимы значения метеопараметров на заданных высотах от поверхности земли, поэтому для каждого срока выполняется вертикальная сплайновая интерполяция на следующие высоты:

- до 600 м с шагом 25 м;
- от 600 до 1000 м с шагом 50 м;
- от 1000 до 3000 м с шагом 100 м.

После выполнения интерполяции для каждого срока производится анализ температурно-ветрового профиля. После обработки данных за каждый срок из всего периода наблюдений производятся статистические расчёты.

Ниже приведено краткое описание алгоритмов, по которым делается расчёт характеристик инверсий, категорий устойчивости и высоты слоя перемешивания.

Приземные и приподнятые температурные инверсии

К приземным инверсиям относятся инверсии от поверхности земли, к приподнятым – инверсии с основанием выше уровня земли (обычно более 0,01 км). Основными характеристиками температурных инверсий являются их повторяемость, мощность и интенсивность. За мощность инверсии принимают разность между верхней и нижней границами инверсий, за интенсивность – разность температур на её границах [7].

Категории устойчивости

Определение класса (категории устойчивости) выполняется по скорости ветра у поверхности земли и значению вертикального градиента температуры в слое 0–300 м в соответствии с таблицей из [8].

Высота слоя перемешивания

В пограничном слое атмосферы происходит наиболее полное перемешивание примесей, поступающих от источника загрязнения. Для характеристики устойчивости атмосферы в метеорологической практике используется максимальная высота слоя перемешивания (ВСП), в которой градиент температуры воздуха приближается к сухадиабатическому или даже превышает его.

Непосредственно над этим слоем наблюдается резкое уменьшение градиента или инверсионное распределение температуры [7].

Высота слоя перемешивания (ВСП) определяется в результате анализа вертикального профиля температуры как высота нижней границы приподнятой инверсии или высота, где вертикальный градиент температуры приближается к сухоадиабатическому ($0,98\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$), или, согласно рекомендациям [3], $-0,67\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Средняя скорость ветра и вертикальные градиенты температуры в слое перемешивания определяются при его наличии.

Т а б л и ц а

Определение класса (категории) устойчивости по скорости ветра γ поверхности земли V и вертикальному градиенту температуры $-\Delta T/\Delta Z$

$V, \text{ м/с}$	$\gamma = -\Delta T/\Delta Z, \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$						
	$\gamma \geq 1,2$	$1,2 > \gamma \geq 1,0$	$1,0 > \gamma \geq 0,8$	$0,8 > \gamma \geq 0,6$	$0,6 > \gamma \geq 0$	$0 > \gamma \geq -1,4$	$\gamma < -1,4$
$V < 1$	A	A	B	C	D	F	F
$1 \leq V < 2$	A	B	B	C	D	F	F
$2 \leq V < 3$	A	B	C	D	D	E	F
$3 \leq V < 5$	B	B	C	D	D	D	E
$5 \leq V < 7$	C	C	D	D	D	D	E
$7 \leq V$	D	D	D	D	D	D	D

Сопоставление расчётных аэроклиматических характеристик

Для проверки результатов работы программного комплекса проведено сравнение аэроклиматических характеристик пограничного слоя по данным реанализа с соответствующими характеристиками, полученными по данным радиозондирования. Сверка выполнена по наблюдениям аэрологической станции Норильск за период 2019–2021 гг., данные реанализа выбраны по узлу сетки, ближайшему к станции, за тот же период времени. Выбор станции обусловлен тем, что Норильск расположен в регионе с бедной наблюдательной сетью, и сравнение результатов может продемонстрировать возможности реанализа для регионов со слабой освещённостью наблюдениями.

Ниже на рисунках приведены некоторые характеристики атмосферы в пограничном слое, рассчитанные по двум источникам данных.

На рис. 1 показан годовой ход средней скорости ветра на уровне земли и на высоте 300 м. Как видно из рисунка, средняя скорость ветра у поверхности земли по данным реанализа в целом меньше, чем по данным радиозондов. На высоте 300 м эти различия существенно меньше.

Вертикальный градиент температуры воздуха (рис. 2) практически совпадает.

На рис. 3 приведён годовой ход повторяемости приземных и приподнятых инверсий. Повторяемости приземных инверсий достаточно близки. По приподнятым инверсиям ситуация несколько хуже. При этом если приземные инверсии по реанализу наблюдаются чаще, чем по радиозондам, то по приподнятым инверсиям имеется обратная картина.

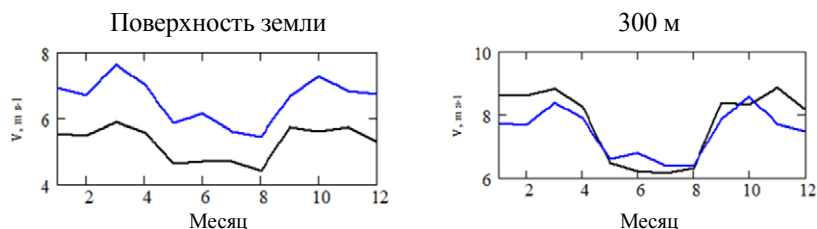


Рис. 1. Годовой ход средней скорости ветра на уровне земли и на высоте 300 м. Чёрным цветом показан расчёт по реанализу, синий – по радиозондовым измерениям.

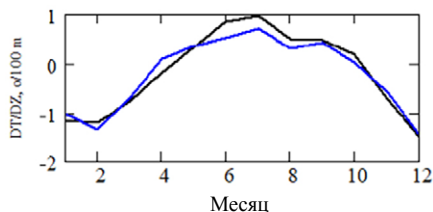


Рис. 2. Годовой ход вертикального градиента температуры в слое 0–300 м. Чёрный цвет – реанализ, синий – радиозонды.

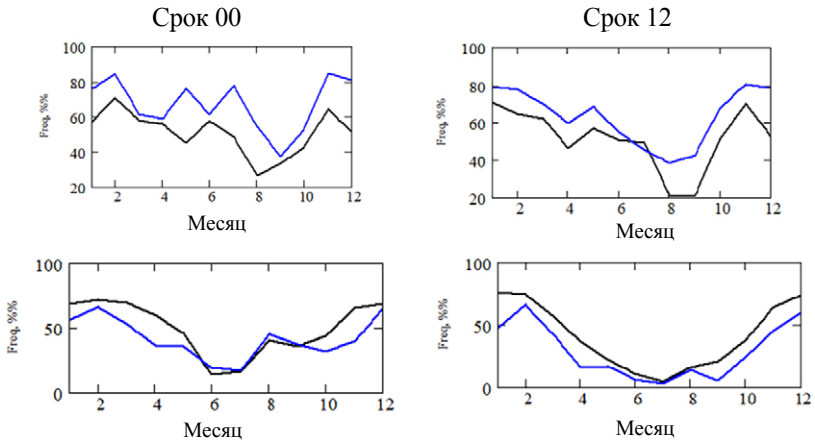


Рис. 3. Годовой ход повторяемости приземных (нижний ряд) и приподнятых (верхний ряд) инверсий за срок 00 час и 12 час. Чёрный цвет – реанализ, синий – радиозонды.

На рис. 4 дан годовой ход повторяемости категорий устойчивости: А (сильно неустойчивая стратификация), С (слабо неустойчивая стратификация), F (умеренно устойчивая стратификация). В целом распределения подобны, но имеются некоторые количественные различия: в холодный период повторяемость категории F по реанализу выше, чем по радиозондовым наблюдениям.

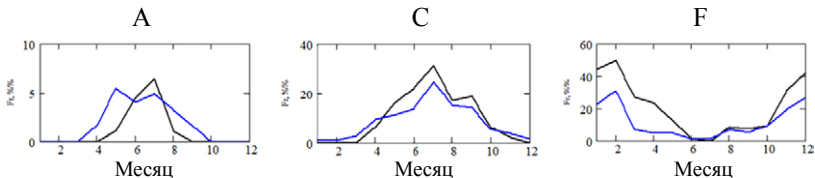


Рис. 4. Годовой ход повторяемости категорий устойчивости А, С, F. Чёрный цвет – реанализ, синий – радиозонды.

Наибольшие различия в значениях метеоэлементов и аэро-климатических параметрах имеют место в самом нижнем слое атмосферы от поверхности земли до высоты около 100 м. Это может быть связано со спецификой построения реанализа, при

которой поля метеоэлементов рассчитываются на регулярной сетке с учётом высоты подстилающей поверхности над уровнем моря. Высота узла в модели не всегда совпадает с реальной высотой. Так, высота узла сетки реанализа, использованного для расчёта, составляет 197 м, в то время как высота станции Норильск – около 65 м. Имеются и другие особенности построения реанализа, в том числе необходимость согласования измерений с различных платформ. В целом же результаты, полученные по данным реанализа и по радиозондам, дают достаточно схожую картину, что подтверждает допустимость использования данных реанализа для оценки аэроклиматических условий в пограничном слое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting: a Safety Guide* // IAEA Safety Series. N 50-SG-S3. Vienna: IAEA, 1980. 108 p.
2. Алдухов О.А., Брюхань А.Ф. Пакет программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкономическом обосновании строительства АЭС и ТЭС // Вестник МГСУ. 2012. №2. С. 188–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2012.2.188 – 192.
3. Алдухов О.А., Брюхань А.Ф. Оценка условий атмосферной дисперсии для размещения и проектирования атомных станций // Атомная энергия. 2013. Т. 115, вып. 1. С. 44–47.
4. Свод правил 151.13330.2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть I: Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103171?ysclid=licuwvb9qk534398427> (дата обращения: 01.06.2023).
5. ERA5 | ECMWF. URL: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5> (дата обращения: 28.10.2022).
6. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // Quart. J. Roy. Met. Soc. 2020. P. 1999–2050. DOI 10.1001/qj.3803.
7. *Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие* / Под ред. Э.Ю. Безуглой // Л.: Гидрометеиздат, 1983. 328 с.
8. Романов В.И. Прикладные аспекты аварийных выбросов в атмосферу: Справочное пособие. URL: https://thelib.ru/books/v_i_romanov/prikladnye_aspekty_avariynyh_vybrossov_v_atmosferu_spravochnoe_posobie-read.html?ysclid=licv1hvv7r87930080 (дата обращения: 01.06.2023).

УДК 551.571.4

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА, ОПРЕДЕЛЁННЫХ ПО ТРАДИЦИОННЫМ АЭРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ПО ДАННЫМ ВЫСОКОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.В. Хохлова

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

Введение

В аэрологических массивах, создаваемых в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», хранятся радиозондовые данные, поступающие из глобальной аэрологической сети. Массивы содержат данные наблюдений с 1978 года по текущее время по российским станциям и с 1984 года по текущее время – по зарубежным станциям [1, 2, 4]. После перехода наблюдательной аэрологической сети на таблично-ориентированные коды [3] в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» создана новая технология усвоения и архивации данных в кодах BUFR [6, 7]. Аэрологические данные, поступающие в таблично-ориентированных кодовых формах, накапливаются в новом массиве АЭРОБАФР [5, 8]. В массиве содержатся данные с 2018 года. Некоторые страны (Китай, Испания и другие) уже отказались от передачи данных в традиционных символьных кодах (KN-04, TEMP). Российские станции в настоящее время передают данные как в традиционных кодах, так и в кодах BUFR.

Существенным отличием таблично-ориентированных кодов и, соответственно, нового массива АЭРОБАФР, является возможность усвоения данных высокого вертикального разрешения (VBR) [9]. Данные VBR отличаются большим количеством уровней, на которых выполняются измерения. Если обычное количество уровней в зондировании составляет 60–100, объём одного файла массива за месяц – 120–140 Мб, то в одном зондировании VBR

содержится несколько тысяч уровней и объём одного файла массива АЭРОБАФР за месяц составляет 3–3,5 Гб.

Представляет интерес сравнение синхронных данных ВВР с традиционными данными. Анализ температурно-ветровых характеристик по традиционным данным и по данным ВВР на примере одной станции был выполнен ранее [8]. В настоящей статье приведены результаты аналогичного анализа характеристик влажности. Сравнение выполнено для нескольких российских станций по отдельным вертикальным профилям относительной влажности и по среднему интегральному влагосодержанию (количеству осаждённой воды) в столбе от поверхности земли до стандартных изобарических поверхностей 850 и 250 гПа.

Данные и метод

Для анализа использованы данные трёх российских станций, на которых производятся измерения с высоким вертикальным разрешением – Мурманск, Вологда и Саратов – за период 2020–2022 гг. Для каждой из этих станций из массивов Аэростас и Аэробафр получены временные ряды метеорологических параметров, по которым затем рассчитаны характеристики влажности: относительная влажность, парциальное давление водяного пара, массовая доля водяного пара и интегральное влагосодержание (количество осаждённой воды) в слое от поверхности земли до рассматриваемого уровня.

Исходные данные из двух массивов существенно отличаются количеством измерений в каждом радиозондировании. В табл. 1 приведено среднее количество уровней, на которых выполнены измерения, в вертикальных профилях радиозондирования для этих станций за период 2020–2022 гг.

Таблица 1

Среднее количество уровней в профилях радиозондирования по традиционным данным (Трад.) и по данным высокого вертикального разрешения (ВВР)

Станция	Трад.	ВВР
Мурманск	58	2500
Вологда	68	1290
Саратов	59	1850

Результаты

Сравнение характеристик влажности проводилось по отдельным радиозондированиям и климатическим характеристикам.

На рис. 1–3 показаны вертикальные профили относительной влажности воздуха за отдельные сроки. Как видно из рисунков, традиционные измерения достаточно хорошо ложатся на данные ВВР в точках измерения, при этом данные высокого вертикального разрешения, естественно, показывают гораздо более детальную структуру профиля влажности, чем традиционные. В отдельных случаях, как, например, за дату 01.02.2020 года на станции Саратов в нижнем слое до 800 гПа не все особенности профиля влажности отражены традиционными измерениями.

В табл. 2 и 3 приведены среднемесячные значения интегрального влагосодержания (количества осаждённой воды) в слое от поверхности земли до стандартных изобарических поверхностей 850 и 250 гПа по данным массива АЭРОСТАС (Трад.) и данным массива АЭРОБАФР (ВВР). Как видно из таблиц, климатические характеристики, определённые по традиционным данным и данным ВВР, очень близки. Максимальные различия имеют место в летний период.

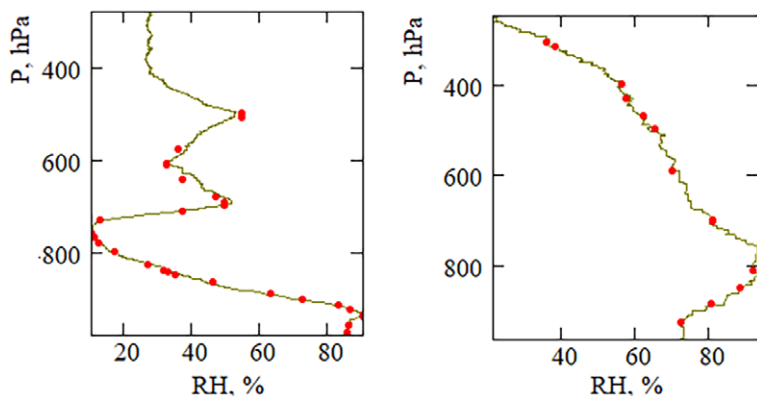


Рис. 1. Вертикальные профили относительной влажности RH в % за срок 12 ч 01.02.2020 (слева) и за 12 ч 01.07.2020 (справа) для станции Мурманск по данным ВВР (коричневая линия) и традиционным данным (красные кружки)

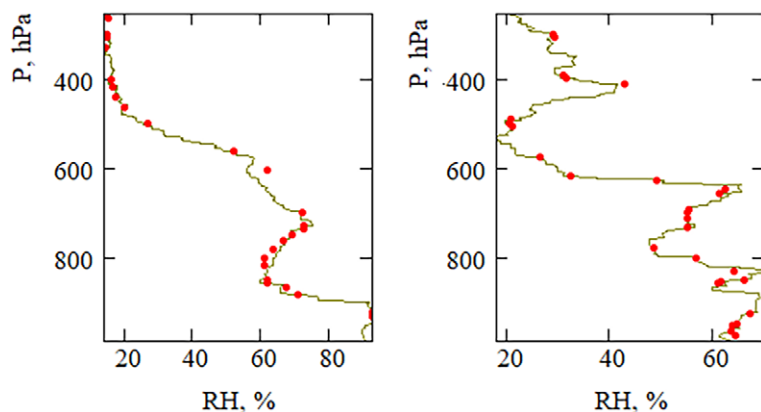


Рис. 2. Вертикальные профили относительной влажности RH в % за срок 12 ч 01.02.2020 (слева) и за 12 ч 01.07.2020 (справа) для станции Вологда по данным ВВР (коричневая линия) и традиционным данным (красные кружки)

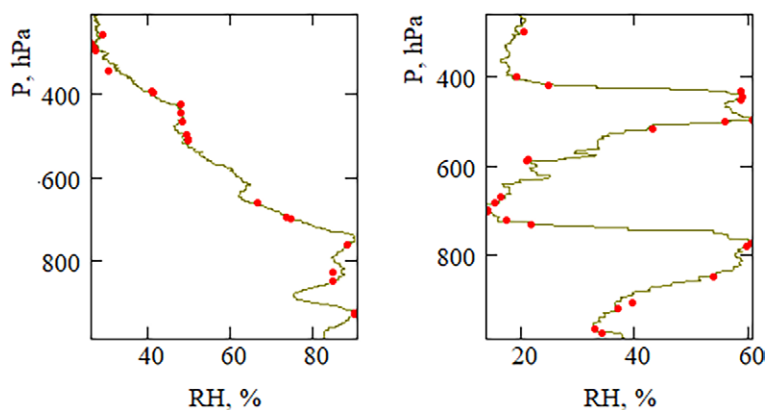


Рис. 3. Вертикальные профили относительной влажности RH в % за срок 12 ч 01.02.2020 (слева) и за 12 ч 01.07.2020 (справа) для станции Саратов по данным ВВР (коричневая линия) и традиционным данным (красные кружки)

Таблица 2

Интегральное влагосодержание в слое до 850 гПа, кг м⁻²

Месяц	Мурманск		Вологда		Саратов	
	Трад.	ВВР	Трад.	ВВР	Трад.	ВВР
1	2,56	2,56	3,16	3,14	3,43	3,40
2	2,49	2,51	2,78	2,79	3,24	3,27
3	2,79	2,76	3,21	3,18	3,34	3,17
4	3,26	3,30	3,95	3,96	5,11	5,55
5	4,39	4,49	6,16	6,27	6,90	6,98
6	7,21	7,56	9,83	9,89	10,54	10,46
7	9,37	9,53	11,71	11,54	10,85	10,84
8	8,93	9,14	11,47	11,41	9,67	9,58
9	6,54	6,72	7,85	7,45	7,49	7,44
10	5,31	5,31	6,51	6,43	6,14	6,07
11	4,22	4,23	4,46	4,49	4,51	4,51
12	3,01	3,00	3,03	3,04	3,15	3,15

Таблица 3

Интегральное влагосодержание в слое до 250 гПа, кг м⁻²

Месяц	Мурманск		Вологда		Саратов	
	Трад.	ВВР	Трад.	ВВР	Трад.	ВВР
1	5,75	5,56	7,42	7,17	7,76	7,50
2	5,51	5,46	6,28	6,06	7,33	7,34
3	5,84	5,70	6,76	6,59	7,02	6,64
4	6,72	6,78	8,45	8,33	10,84	11,79
5	9,54	9,68	13,18	13,45	14,97	15,27
6	15,28	16,06	19,43	19,74	22,80	22,75
7	19,51	20,06	23,24	23,11	23,87	24,17
8	18,49	18,94	23,16	23,14	21,73	21,73
9	13,19	13,81	16,83	16,51	16,56	16,14
10	11,21	11,24	13,81	13,66	12,91	12,67
11	8,97	9,05	9,86	9,84	10,21	10,14
12	6,62	6,47	7,20	7,15	7,05	7,03

Заключение

Выполненное сравнение среднего интегрального влагосодержания по традиционным данным и данным высокого вертикального разрешения по трём станциям показало хорошее совпадение. Максимальные различия имеют место в летние месяцы, при этом на станции Мурманск различия больше, чем на других станциях.

Сравнение вертикальных профилей за отдельные сроки показало, что данные высокого вертикального зондирования, как

и следовало ожидать, дают гораздо более детальную картину изменения влажности с высотой, чем традиционные измерения. Эти данные могут быть источником дополнительной информации о распределении влаги в атмосфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Том 1: Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 306 с.
2. Казначеева В.Д., Руденкова Т.В. Организация текущих аэрологических данных на магнитных лентах ЕС // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1985. Вып. 115. С. 91–108.
3. *Наставление* по кодам. Международные коды. Т. I.2. Часть В – Двоичные коды. Часть С – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов // Всемирная метеорологическая организация. ВМО-№ 306. 969 с. 306_v1.2_ColorCover_ru.indd (meteoinfo.ru) (дата обращения: 7 августа 2023 г.).
4. Руденкова Т.В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41–63.
5. Руденкова Т.В. Структура и содержание нового массива текущих аэрологических данных, поступающих из сети ГСТ в кодовых формах BUFR // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 181. С. 102–118.
6. Сенова Л.Н. Обработка системой OMEGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 183. С. 142–145.
7. Сенова Л.Н. Структура и содержание таблиц базы данных аэрологических и синоптических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2021. Вып. 188. С. 189–210.
8. Хохлова А.В., Беспрозванных А.В., Руденкова Т.В., Сенова Л.Н., Тимофеев А.А. Архивация аэрологических данных в таблично-ориентированных кодовых формах: некоторые результаты // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8, № 3. С. 88–103.
9. Ingleby B., Pauley P., Kats A., Ator J., Keyser D., Doerenbecher A., Fucile E., Hasegawa J., Toyoda E., Kleinert T., Qu W., St. James J., Tennant W., Weedon R. Progress toward High-Resolution, Real-Time Radiosonde Reports // Bulletin of the American Meteorological Society. 2016. P. 2149–2161. DOI:10.1175/BAMS-D-15-00169.1 (дата обращения: 7 августа 2023 г.).

УДК 681.518:551.5

КРОССПЛАТФОРМЕННОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА АГРОМЕТЕОРОЛОГА

**Л. И. Романенко¹, А. Ю. Згура², А. И. Шевченко³,
И. М. Троянова⁴**

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

¹ lir@meteo.ru, ² isapfe@bk.ru, ³ ashevchenko@meteo.ru,

⁴ agrooit@meteo.ru

Программно-технические комплексы ARMAGRO и АГРО-ЕЖЕГОДНИК [1–4] внедрены и активно используются для обработки данных на агрометеорологической наблюдательной сети Росгидромета. Комплексы являются десктопными приложениями, разработанными в интегрированной среде разработки Borland Delphi 7, функционирующими под управлением операционной системы семейства Windows. В настоящее время всё чаще возникают трудности с использованием компьютеров под управлением операционной системы (ОС) Windows, разработанной компанией Microsoft. На приобретаемых в сетевых организациях Росгидромета компьютерах зачастую устанавливается операционная система Linux, а в качестве офисных пакетов устанавливаются LibreOffice или OpenOffice.

Эта ситуация поставила перед разработчиками задачу реализации межплатформенности программных комплексов для обеспечения их функционирования в операционных средах, отличных от Windows.

Для создания кроссплатформенной версии комплексов была выбрана среда разработки Lazarus, которая позволяет создавать программы с графическим интерфейсом, практически неизменным для широкого класса операционных систем, таких как семейство ОС Linux, Mac OS X, Microsoft Windows и Android [5]. Для создания исполняемой программы достаточно снова собрать её в соответствующей операционной системе, за исключением

Android. Lazarus – открытая графическая среда разработки программного обеспечения на языке Object Pascal для компилятора Free Pascal Compiler (FPC). Компилятор FPC также является свободным программным обеспечением [6]. Оба продукта распространяются под лицензией GPL (General Public License – универсальная общественная лицензия).

На сегодняшний день среда разработки Lazarus является не только самым мощным, но и единственным в своём роде (среди бесплатных сред разработки) инструментом для переноса Delphi-программ в операционные системы, отличные от MS Windows.

В связи с этим именно эта среда была в 2019 году выбрана для разработки новых версий ПТК ARMAGRO и АГРО-ЕЖЕГОДНИК, изначально созданных для работы под управлением ОС Windows.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- перевод различных частей комплексов из среды разработки Delphi в среду Lazarus, основанную на компиляторе Free Pascal, аналогичном компилятору из среды Delphi – реализации языка программирования Object Pascal;
- обеспечение работы под управлением как ОС Windows, так и Linux. Для разработки и тестов использовались 64-битная и 32-битная ОС Debian 9. При этом предусматривалась также возможность работы программ в более старых версиях Linux, поскольку программа, собранная в новой версии Linux, может не работать в предыдущих версиях;
- возможность использования не только СУБД MS Access, но и СУБД SQLite, PostgreSQL и других;
- возможность сохранять отчёты не только в виде файлов формата MS Office, но и в виде файлов LibreOffice/OpenOffice без необходимости установки офисных пакетов MS Office, LibreOffice или OpenOffice.

1. ПТК ARMAGRO

Программное обеспечение (ПО) ПТК ARMAGRO [1, 3] представляет собой два независимых приложения с графическим интерфейсом:

- Station – главный модуль, предоставляющий интерфейс и обеспечивающий формирование баз первичных данных наблюдений;
- AccessReport – модуль, предназначенный для создания оперативных ежедневных и ежедекадных отчётов (генератор оперативных отчётов).

1.1. Переработка главного программного модуля Station

Модуль Station обеспечивает функционал по занесению данных первичных агрометеорологических наблюдений, их обработке и сохранению в базе первичных данных local.mdb, предоставляет пользовательский интерфейс и выполняет запросы к объектам базы данных local.mdb, что в результате позволяет осуществлять:

- ввод данных наблюдений в ПК;
- автоматизированный контроль данных;
- редактирование данных;
- первичную обработку данных по установленным в руководящих документах регламентам;
- экспорт – импорт информации в смежные базы.

При переработке использовались следующие возможности среды Lazarus:

- хранение текстовых данных в кодировке UTF-8. Это основная кодировка при разработке в среде Lazarus: современная, универсальная кодировка. Кодировка UTF-8 позволяет одновременно использовать символы различных языков и спецсимволы;
- платформонезависимый код. Программа, написанная с использование функций Free Pascal и Lazarus, может быть без изменений скомпилирована во всех поддерживаемых операционных системах (Windows, Linux, Mac OS X). Многие части программного кода предыдущей версии Station переработаны с использованием платформонезависимых функций Free Pascal и Lazarus;
- масштабируемость графического интерфейса. Окна Station переработаны так, чтобы с ними легко было работать при различных разрешениях экрана и размерах шрифтов;
- унифицированный доступ к базам данных в различных СУБД, таких как MySQL, PostgreSQL и SQLite.

Для обеспечения платформонезависимости главного комплекса было сделано следующее:

1. Алгоритмы работы с базой данных скорректированы так, чтобы обеспечивать работу с различными СУБД.

2. Сохранена возможность работать с БД local.mdb в формате MS Access для обеспечения преемственности использования новой версии ПО.

3. Создано специальное программное обеспечение для перевода БД local.mdb из формата MS Access в формат SQLite.

4. В связи с особенностями среды разработки Lazarus изменён код вывода сообщений (предупреждений и ошибок) контроля данных.

5. Бывшее самостоятельным приложение Logo, которое служит для заставки ПТК, включено в состав Station.

В настоящее время успешно проведено тестирование работы новой версии модуля Station (версия 3.0.0):

– проверена совместимость модуля Station с новым форматом базы данных с использованием СУБД SQLite и старым форматом MS Access в ОС Windows (рис. 1);

– проверена работа модуля Station в ОС семейства Linux (ОС Debian) с базой данных local в формате SQLite (рис. 2).

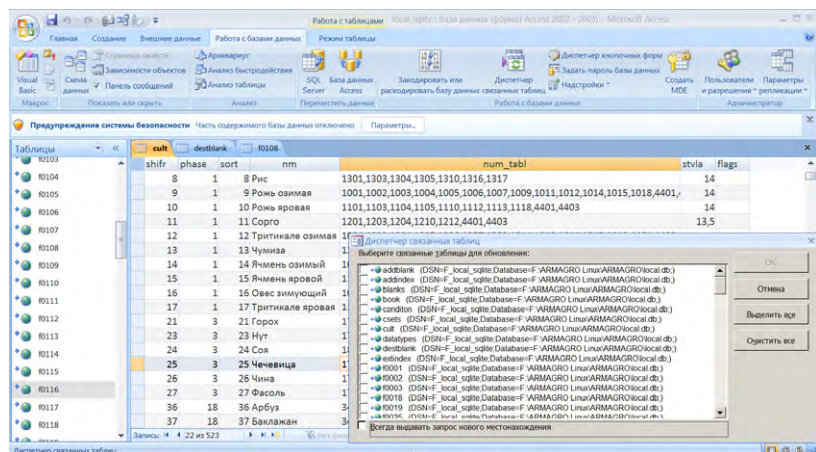


Рис. 1. Рабочая панель базы в формат SQLite в ОС Windows

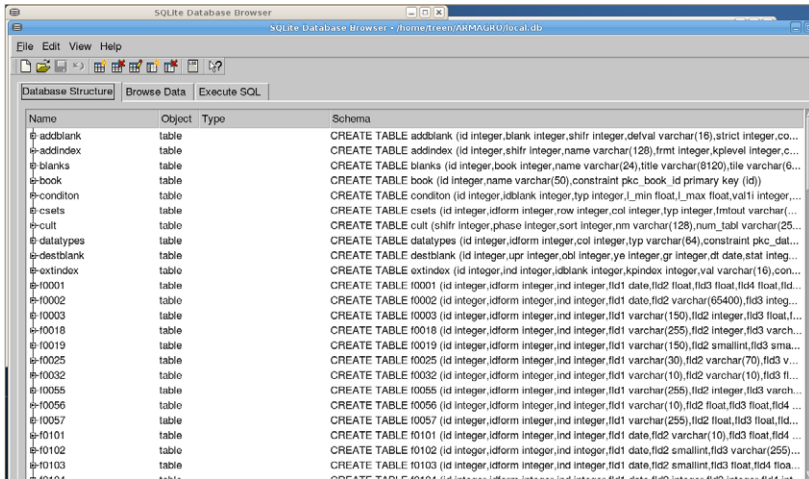


Рис. 2. Фрагмент базы данных *local.db* в формате SQLite в ОС Debian

Одновременно с кардинальными преобразованиями, связанными с обеспечением возможности работы с несколькими операционными системами, после получения в процессе тестирования обратной связи по просьбе пользователей проводились работы по усовершенствованию средств пользовательского интерфейса:

- в верхней строке рабочего окна добавлены сведения с информацией – за какой год, а также – с каким наблюдательным пунктом специалист в данный момент работает (рис. 3);



Рис. 3. Новые вкладки на рабочей панели

- возможность переносить любую форму ввода (с ошибочно занесёнными ключевыми параметрами) из одного года в другой (рис. 4 и 5).

Регулярно расширяются возможности контроля информации в процессе ввода данных наблюдений [7].

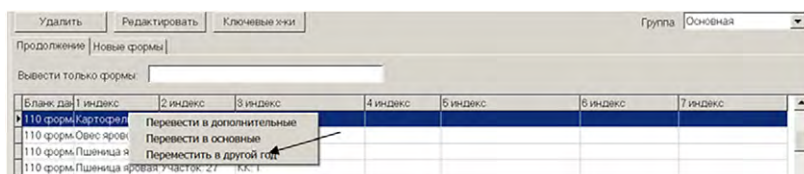


Рис. 4. Вызов меню с заданием на перемещение формы ввода

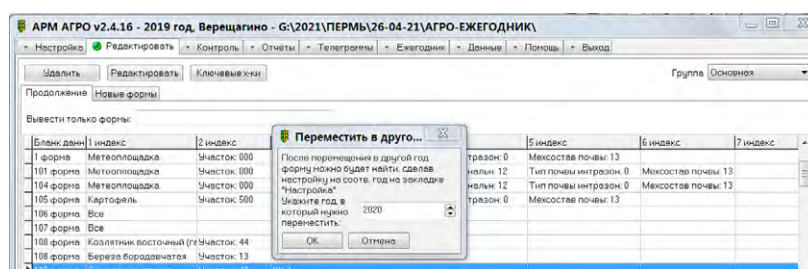


Рис. 5. Выбор года, в который нужно переместить форму ввода

1.2. Переработка генератора оперативных отчётов

Генератор отчётов включает в себя три основных компонента:

- главную программу AccessReport, предназначенную для создания оперативных отчётов, не входящих в агрометеорологический ежегодник [3];

- модули, непосредственно выполняющие отчёты, размещённые в подкаталоге ARMAGRO\report\plugins;

- модуль Interfacer размещён в ARMAGRO\report\system, который выполняет выборку данных с необходимыми параметрами из базы первичных данных (БД) и из базы данных отчётов (БДО).

В рамках переработки генератора отчётов реализованы следующие шаги:

1. Новая версия программы использует в работе кодировку UTF-8, а код для доступа к базам данных унифицирован для работы с различными СУБД, так же, как это было сделано для программного модуля Station.

2. Программный код переработан для обеспечения кросс-платформенности.

3. Учтено требование безопасности в современных ОС – хранение данных в директории пользователя, а не в системной папке с программами.

4. Добавлена возможность отправлять созданный отчёт по электронной почте. При этом может использоваться почтовый сервер с шифрованием или без шифрования. Зашифрованная передача данных повсеместно используется современными публичными почтовыми серверами, такими как Mail.ru. Для зашифрованной передачи данных используется сторонняя библиотека OpenSSL. Подобная возможность отправки по электронной почте также добавлена в модуль Station для отправки данных, экспортированных из БД.

5. Для возможности отправлять создаваемые отчёты по электронной почте разработан комплекс настроек, которые в интерфейсе вызываются кнопкой «Настройка программы» (указана стрелкой на рис. 6).

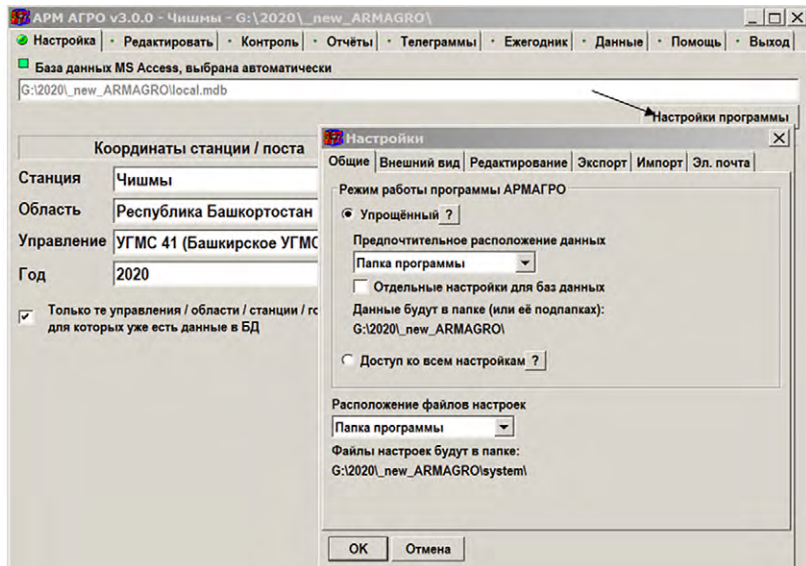


Рис. 6. Панель с инструментами настройки программы в среде ОС Windows

Реализация возможности сохранять отчёты в формате Open Document (формат LibreOffice/OpenOffice) ведётся в настоящее время.

Новая версия модуля оперативных отчётов получила название AgroReport.

На рис. 6 и 7 представлены инструменты, заложенные в опции «Настройка программы» с панелью для закладки «Общие». Здесь помещаются сведения о расположении файла базы данных local.mdb: в Папке программы или в Домашней папке пользователя. Ниже указывается расположение файла. Нажатием на знак вопроса возле флажка «Упрощённый» или «Доступ ко всем настройкам» можно вызвать информацию о назначении конкретного режима работы (рис. 8).

Инструменты закладки «Внешний вид» (рис. 9) предоставляют возможности для выбора шрифта, размера, цвета, толщины и цвета контуров таблиц отчётов и других параметров.

На панели закладки «Экспорт» (рис. 10) указывается кодировка файла экспорта, а также указания – оставить ли файл для отправки по электронной почте без изменений или автоматически сжать в ZIP-архив. В случае наличия галочки во флажке «Отправить по почте» ниже указываются адреса отправителя, получателя, тема письма и сопроводительный текст.

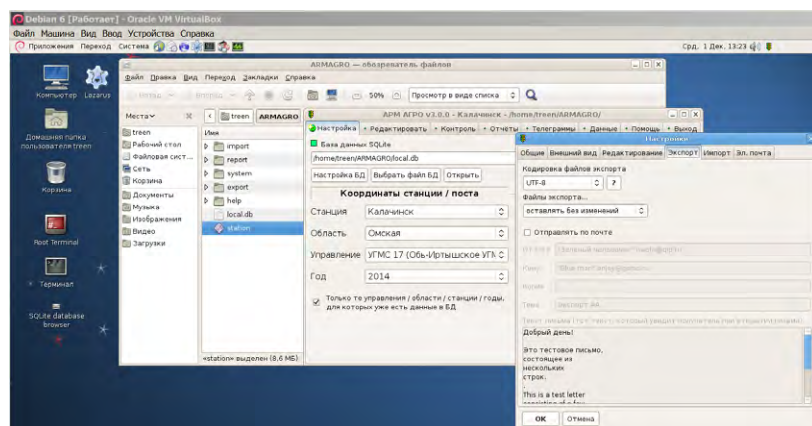


Рис. 7. Папка ПТК ARMAGRO в среде Linux и инструменты настройки

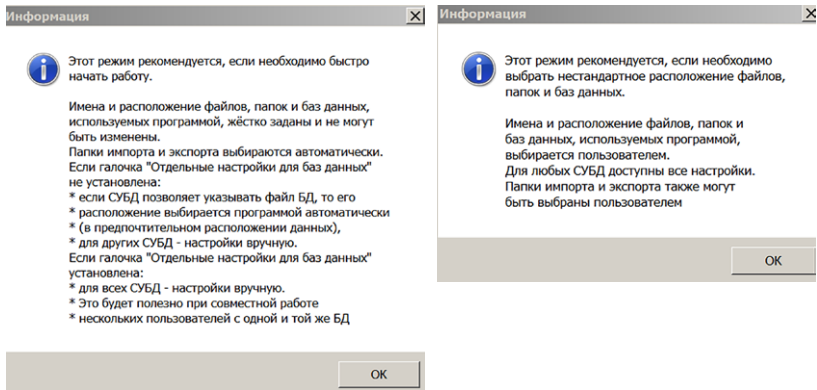


Рис. 8. Назначения режимов «Упрощённый» и «Доступ ко всем настройкам»

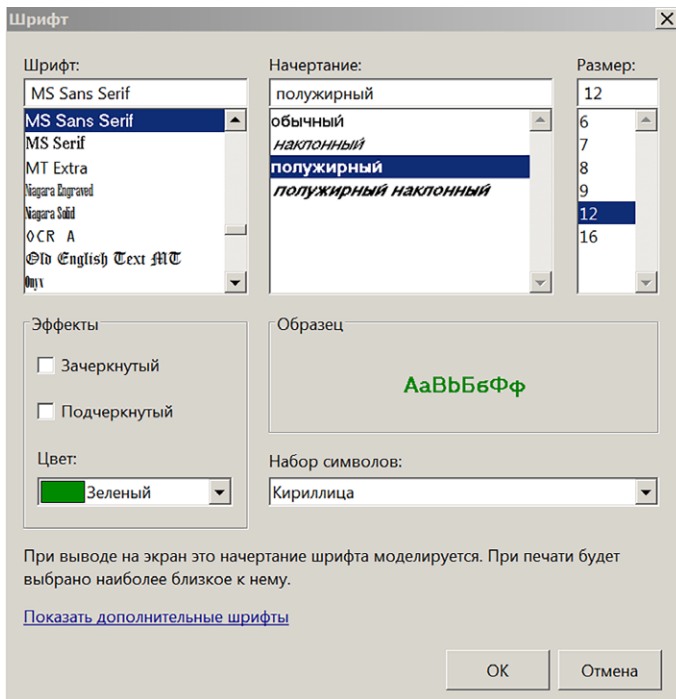


Рис. 9. Инструменты «Внешний вид»

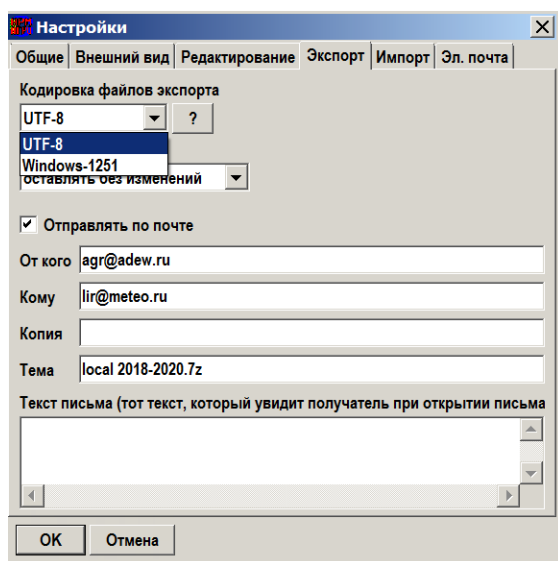


Рис. 10. Панель закладки «Экспорт»

На панели закладки «Импорт» (рис. 11) указываются сведения о том, куда в процессе импорта переносить информацию (обычно это автоматически создаваемая подпапка imported). В расположенном ниже поле «Соответствия станций в ТМС/ТМП и в базе данных» накапливаются сведения о наблюдательных пунктах, имена которых не полностью совпадают в ТМС и в базе local.

На рис. 12 – панель опции «Эл. почта» со сведениями о транспорте отправки.

Авторские испытания новой версии ПТК ARMAGRO v3.0.0, а также соответствующая доработка алгоритмов и отдельных блоков программного модуля проводились в операционных системах Windows и Linux с СУБД SQLite на поступивших из УГМС материалах первичных данных наблюдений. Если программа не предназначена для исполнения (запуска) на определённой платформе, но для этой платформы существует эмулятор платформы, базовой для данной программы, то программа может быть исполнена в среде эмулятора. При испытаниях программы проведено также тестирование работы комплекса в среде эмулятора ОС Linux.

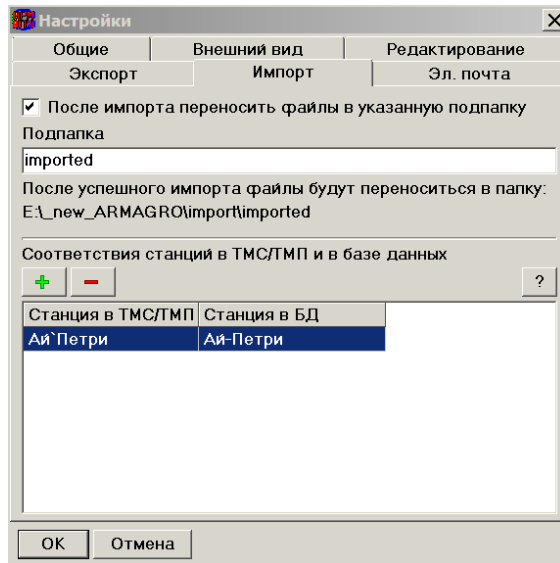


Рис. 11. Панель опции «Импорт»

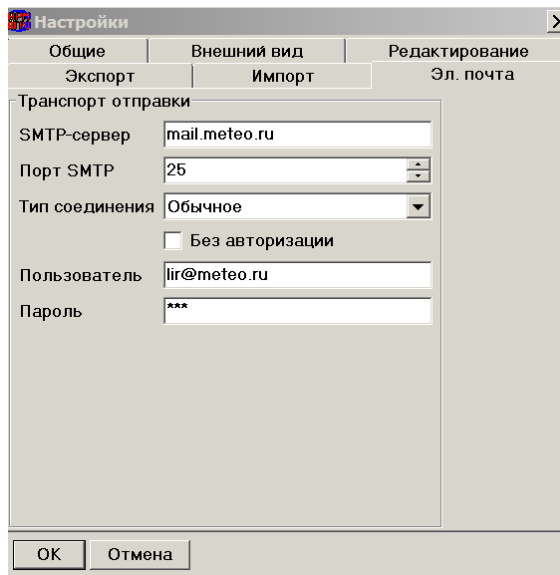


Рис. 12. Панель опции «Эл. почта»

2. Программно-технический комплекс АГРО-ЕЖЕГОДНИК

Работа программного комплекса АГРО-ЕЖЕГОДНИК реализована приложениями Station и YearReport [4].

Приложение Station является тем же модулем Station, что используется в комплексе ARMAGRO, но с более развитыми сервисными, алгоритмическими и программными средствами для формирования таблиц ежегодника. Приложение Station необходимо в ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК [4] для:

- редактирования в процессе критического контроля данных первичных наблюдений, поступивших с наблюдательной сети, и подготовки их к формированию таблиц агрометеорологического ежегодника;
- последующей архивации баз первичных данных и баз данных отчётов для передачи в ЕГФД Росгидромета [4];
- ввода данных наблюдений в ПК, их обработки, получения оперативной отчётной продукции, накопления информации в БПД, в ЦГМС и УГМС при централизованном занесении данных наблюдений на технический носитель и создания БПД по пунктам, не оснащённым компьютерами;
- формирования базы данных – БПД (файла local.mdb) по территории региона за сельскохозяйственный год средствами импорта ПТК ARMAGRO из присланных со станций (постов) файлов экспорта с данными БПД или из файлов local.mdb;
- подготовки материалов для передачи в Госфонд ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Приложение YearReport обеспечивает последующую, более сложную обработку данных и получение продукции в виде таблиц ежегодно публикуемого справочника «Агрометеорологический ежегодник».

Разработанная в среде Lazarus головная программа YearReport для обеспечения работы всех трёх частей обновлённого комплекса АГРО-ЕЖЕГОДНИК имеет следующие основные особенности:

1. Использует в работе кодировку UTF-8, а код для доступа к базам данных унифицирован для работы с различными СУБД, также как это было сделано для программного модуля Station.

2. Программный код переработан для обеспечения кросс-платформенности.

3. Учтено требование безопасности в современных ОС – хранение данные в директории пользователя, а не в системной папке с программами.

4. Реализована возможность отправлять созданный агрометеорологический ежегодник по электронной почте непосредственно из ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК.

Реализация возможности сохранять отчёты в формате Open Document (формат LibreOffice/OpenOffice) ведётся в настоящее время.

Заключение

Изначально интегрированная информационная система сбора данных агрометеорологических наблюдений и управления агрометеорологической информацией разрабатывалась в двух направлениях [4, 8]:

1. Разработка АРМ агрометеоролога-наблюдателя – ПТК ARMAGRO, обеспечивающего сбор, занесение в ПК данных наблюдений из первоисточника – полевых книжек записи наблюдений, контроля вносимой информации, первичной обработки в соответствии с РД 52.33.217–99 и РД 52.33.219–2002, формирования базы первичных данных и формирования ежедекадной оперативной отчётной продукции.

2. Разработка технологического комплекса по формированию основного режимного годового документа агрометеорологического ежегодника – ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК.

ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК разрабатывался на базе головного модуля ПТК ARMAGRO Station. Этот ПТК реализует создание основного режимного документа Агрометеорологического ежегодника, а также формирование базы первичных данных (БПД) в областных и территориальных центрах по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды (УГМС, ЦГМС) по зоне ответственности УГМС. На основе БПД подготавливаются также массивы данных для пополнения первичными данными агрометеорологических наблюдений Единого государственного фонда данных (ЕГФД) о состоянии окружающей среды, её загрязнении.

В процессе внедрения ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК его функции были дополнены практически всеми средствами ввода данных наблюдений в ПК, их обработки, накопления информации в БПД, которые изначально предполагались только в ПТК ARMAGRO. Это потребовалось для возможности в ЦГМС или УГМС централизованного занесении данных наблюдений на технический носитель и создания БПД по пунктам, не оснащённым компьютерами.

Таким образом, закономерной ступенью развития системы становится создание единого программно-технологического комплекса, включающего в себя в полной мере функции ПТК ARMAGRO и ПТК АГРО-ЕЖЕГОДНИК. Поэтому именно это направление выбрано сейчас в качестве определяющего вектора у разработчиков при создании новой кроссплатформенной версии ПТК ARMAGRO v3.0.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко Л.И., Сомова С.М., Згура А.Ю. Развитие и внедрение автоматизированных технологий сбора и обработки режимной агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2013. Вып. 38. С. 357–366.
2. Романенко Л.И. Состояние разработок и внедрений автоматизированных систем сбора, обработки и накопления режимной агрометеорологической информации // Труды ГУ «ВНИИСХМ». 2010. Вып. 37. С. 228–243.
3. Романенко Л.И., Згура А.Ю., Шевченко А.И. Автоматизированное рабочее место агрометеоролога (ARMAGRO) // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 146–163.
4. Романенко Л.И., Згура А.Ю., Амельченко Е.В., Шевченко А.И. Программно-технологический комплекс АГРО-ЕЖЕГОДНИК // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып. 186. С. 186–201.
5. Гуриков С.Р. Программирование в среде Lazarus: уч. пособие. Изд-во «Форум» [Электронный ресурс], 2019. С. 336.
6. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Кучер Т.В. Free Pascal и Lazarus: учебник по программированию. М.: ALT Linux; Издательский дом ДМК-пресс. 2010. 440 с.
7. Романенко Л.И., Згура А.Ю. Средства контроля качества агрометеорологической информации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 185. С. 90–104.
8. Романенко Л.И., Згура А.Ю., Пуголовкин В.В. Технологическая основа создания программных средств формирования агрометеорологического ежегодника на базе АРМ агрометеоролога-наблюдателя // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 102–111.

УДК 004.9

О программных средствах и алгоритмах технологии обеспечения гарантированного хранения отсканированных бумажных документов ЕГФД. Колесников Е. В., Шаймарданов В. М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 5 – 12.

Настоящая статья посвящена описанию программных средств и алгоритмов технологии сканирования бумажных документов ЕГФД. Описаны алгоритм технологического процесса перевода в электронный вид документов с бумажных носителей и программно-аппаратные средства, реализующие автоматизированную информационную систему «Электронный фонд отсканированных документов (АИС ЭФОД)».

Ключевые слова: ЕГФД, сканированный документ, сканирование, база данных, автоматизированная информационная система.

Ил. 3. Библиогр. 5.

УДК 556.043:681.3.016

Создание базы данных подробных сведений о пунктах наблюдений гидрологической сети Росгидромета по рекам и каналам. Шевченко А. И. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 13 – 28.

Для исследования гидрологического режима рек и проектирования наблюдательной гидрологической сети используются различные информационные ресурсы, такие как техническое дело гидрологического поста, справочники водного кадастра, электронный технический паспорт речного гидрологического поста, различные электронные каталоги.

В статье рассматривается описание модели данных и технические решения создания централизованной базы данных сведений о наблюдательной сети по рекам и каналам для её анализа как для задач мониторинга состояния и развития сети, так и для проведения инженерных гидрометеорологических изыскательских работ и научных исследований гидрологического режима рек по территории РФ.

Ключевые слова: база данных гидрологических постов, гидрологическая сеть наблюдений, гидрологические наблюдения, реки, каналы, ресурсы поверхностных вод.

Ил. 8. Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК 556.043:681.3.016

Обеспечение преемственности при переходе на обработку и накопление данных гидрологических наблюдений по рекам и каналам новым программным комплексом «Иволга». Шевченко А.И., Готовченкова И.Л., Степанова Е.М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 29 – 37.

В настоящее время обработка режимной гидрологической информации по рекам и каналам осуществляется системой РЕКИ-РЕЖИМ. Завершена разработка программного комплекса сбора, анализа и обработки гидрологических данных, подготовки информационной продукции и доведения её до потребителя системы «Иволга».

В статье рассматриваются вопросы перехода от прежней системы обработки к новой системе. Обозначены задачи, которые необходимо решить, чтобы обеспечить регулярное пополнение Госфонда режимной гидрологической информацией хорошего качества, получение материалов водного кадастра, обслуживание потребителей.

Ключевые слова: гидрологические наблюдения, реки, каналы, обработка гидрологических данных, хранение информации.

Ил. 2. Библиогр. 7.

УДК 551.579+502.51

Тенденция изменения интенсивности воздействия опасных гидрометеорологических явлений на социально-экономическую систему. Воробьёва Л.Н., Волкова Е.Ф., Санина А.Т. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 38 – 52.

В данной статье рассмотрены подходы к оценке влияния воздействия опасных явлений и неблагоприятных условий погоды на социально-экономическую систему развития страны, а также изучена тенденция изменения их влияния. Проведено сравнение общего числа случаев, повторяемости и плотности опасных явлений и неблагоприятных условий погоды по территориям субъектов РФ с целью определения наиболее опасных зон. Выявлено, что даже при увеличении количества опасных явлений и неблагоприятных условий погоды влияние их на социальную сферу практически не изменилось, но значительно увеличилось их влияние на экономическую сферу. Особенно это выражено для Центрального, Центрально-Чернозёмного и Северо-Кавказского экономических районов.

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления, неблагоприятные условия погоды, интенсивность воздействия, социально-экономическая система.

Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. 3.

УДК 551.579:338

Экономическая полезность использования гидрометеорологической информационной продукции в 2021 году: экономический эффект в основных видах экономической деятельности пользователей. Воробьёва Л.Н., Волкова Е.Ф., Рыбанова А.Ю., Фокичева А.А., Коршунов А.А. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 53 – 64.

На основе использования общепринятых принципов экономической оптимальной погодно-производственной и организационной деятельности различных пользователей информационной продукции Росгидромета рассматриваются вопросы экономической полезности информационной деятельности организаций службы. Основным показателем экономической полезности информационной деятельности является экономический эффект. Показана динамика роста экономического эффекта за последние двенадцать лет и приведены оценки экономического эффекта использования гидрометеорологической информации в 2021 году в основных видах экономической деятельности и по территориальным управлениям гидрометеорологической службы.

Ключевые слова: экономическая полезность, экономический эффект, опасные гидрометеорологические явления, неблагоприятные условия погоды, социально-экономическая система.

Ил. 4. Табл. 3. Библиогр. 10.

УДК [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

Прогностические оценки стока воды в половодье на реках бассейна Оби. Гниломедов Е.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 65 – 79.

В статье изложен метод расчёта стока воды в половодье по данным значений осадков. Суть метода состоит в нахождении максимально высокой корреляции между стоком воды и предшествующими осадками путём исключения из расчётов участков водосбора, где связь между количеством осадков и количеством воды, поступившей в речную сеть, искусственно нарушена вследствие сооружения водохранилищ и водозаборных сооружений либо является сложной по естественным причинам.

Проведён анализ данных рядов наблюдений за стоком воды в половодье на незарегулированных участках рек бассейна Оби в местах расположения социально и промышленно значимых объектов за последние 40 лет. Приведены трендовые оценки стока рек за этот период. Также определены тенденции в изменении средних расходов воды в половодье по тем же гидрологическим постам до 2050 года по прогнозным значениям количества осадков.

Ключевые слова: сток воды, половодье, паводки, наводнение, бассейн реки, водосбор, количество осадков, трендовые оценки стока рек в половодье, расходы воды в половодье, тенденции в изменении стока рек в половодье, Обь.

Ил. 5. Табл. 5. Библиогр. 10.

УДК [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

Обзор опасных гидрологических явлений Ямало-Ненецкого автономного округа. Гниломедов Е.В., Шевченко А.И. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 80 – 92.

В статье рассмотрены характерные для Ямало-Ненецкого автономного округа опасные гидрологические явления, связанные с высокими и низкими уровнями воды на реках. Рассчитаны вероятности возникновения указанных опасных явлений в некоторых населённых пунктах округа.

Ключевые слова: Ямало-Ненецкий автономный округ, сток воды, половодье, паводки, наводнение, опасные и неблагоприятные гидрологические явления, расходы воды в половодье.

Ил. 4. Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 551.501.4:551.510.53

Структура и содержание базы данных климатологических наблюдений, поступающих по каналам связи в коде BUFR. Сенова Л.Н., Беспрозванных А.В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 93 – 113.

Для хранения оперативных приземных климатологических данных (КЛИМАТ), поступающих по каналам связи в кодах BUFR, используется таблица реляционной базы данных. Приведено описание состава и структуры таблицы климатологических метеопараметров.

Ключевые слова: ГСТ, каналы связи, оперативные данные, BUFR, ТОКФ, база данных.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 7.

УДК 551.553.6

Массив климатических характеристик скорости ветра в нижнем слое атмосферы по аэрологическим данным. Хохлова А. В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 114 – 120.

Приведено описание массива климатических характеристик ветра в нижнем слое атмосферы, полученного по данным около 100 аэрологических станций на территории РФ и стран ближнего зарубежья за период 1978–2020 гг. Содержанием массива являются средние значения скорости ветра, распределения по направлениям, средние значения коэффициентов, входящих в эмпирические законы возрастания скорости ветра с высотой, для каждой станции. Рассмотрены примеры климатических характеристик для двух станций, расположенных в разных географических зонах. Массив может быть использован для получения справочных сведений и для научных исследований.

Ключевые слова: нижний слой атмосферы, климат, аэрологические наблюдения, ветер, массив.

Ил. 4. Библиогр. 8.

УДК 551.554

Программный комплекс для определения аэроклиматических условий рассеяния примеси в пограничном слое атмосферы по данным реанализа. Хохлова А. В., Лавров А. С. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 121 – 128.

Программный комплекс предназначен для расчёта аэроклиматических характеристик, требуемых при выборе площадки для размещения загрязняющих объектов. Процедуры расчёта ориентированы на данные реанализа ERA5. Использование данных реанализа допускается регламентирующими документами в случае отсутствия в окрестности аэрологических станций. В состав расчётных аэроклиматических характеристик входит температурно-ветровой режим в пограничном слое, повторяемость и характеристики приземных и приподнятых температурных инверсий, оценка параметров устойчивости атмосферы и ряд других величин. Приведено сравнение аэроклиматических характеристик, рассчитанных по данным реанализа ERA5 и по данным радиозондирования для станции Норильск.

Ключевые слова: расчёт, аэроклиматические характеристики, пограничный слой атмосферы, данные реанализа.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 8.

УДК 551.571.4

Сравнение характеристик влажности воздуха, определённых по традиционным аэрологическим данным и по данным высокого вертикального разрешения. Хохлова А. В. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 129 – 134.

Выполнено сравнение синхронных характеристик влажности воздуха, полученных из массива с традиционными аэрологическими данными и из массива с данными высокого вертикального разрешения, поступающими в таблично-ориентированных кодовых формах. Использованы данные трёх российских станций за период 2020–2022 гг. Показано хорошее совпадение средних характеристик. Сравнение профилей влажности для отдельных зондирований показало, что данные высокого вертикального разрешения обеспечивают значительно более детальную информацию об изменении влажности с высотой, чем традиционные измерения.

Ключевые слова: атмосфера, радиозондовые данные, влажность воздуха.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 681.518:551.5

Кроссплатформенность автоматизированного рабочего места агрометеоролога. Романенко Л. И., Згура А. Ю., Шевченко А. И., Троянова И. М. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. Вып. 190. С. 135 – 148.

В статье представлено описание этапов разработки межплатформенности программного обеспечения новых версий программно-технологических комплексов ARMAGRO и АГРО-ЕЖЕГОДНИК для обеспечения их функционирования в операционных средах, отличных от Windows.

Перевод различных частей комплексов из среды разработки Delphi в среду Lazarus, основанную на компиляторе Free Pascal Compiler, на языке программирования Object Pascal. Возможность использования не только СУБД MS Access, но и СУБД SQLite, PostgreSQL.

Ключевые слова: платформонезависимый код, операционная система, среда эмулятора, программно-технологический комплекс, база данных.

Ил. 12. Библиогр. 8.

UDC 004.9

About Software Tools and Algorithms Used by the Technology Ensuring Guaranteed Storage of Scanned Paper Documents Held in the Unified State Fund of Environmental Data (USFED). Kolesnikov E.V., Shaimardanov V.M. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 5 – 12.

This article describes software tools and algorithms used by the technology of scanning paper documents held in the Unified State Fund of Environmental Data USFED). It describes the algorithm of the technological process of converting paper documents into electronic form and the software and hardware tools that implement the Automated Information System of the Electronic Fund of Roshydromet Digitized Paper Documents (AIS EFDD).

Keywords: USFED, scanned document, scanning, database, automated information system.

Fig. 3. Ref. 5.

UDC 556.043:681.3.016

Creation of a Database of Detailed Information on Observation Points of the Roshydromet Hydrological Network on Rivers and Canals. Shevchenko A.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 13 – 28.

Various information resources such as a technical file of a hydrological post, water cadastre directories, electronic technical passport of a river hydrological post, and various electronic catalogs are used for studying the hydrological regime of rivers and designing an observation hydrological network.

The article describes the data model and technical solutions for creating a centralized database of information on the observation network on rivers and canals for its analysis, both for the tasks of monitoring the state and development of the network, and for conducting engineering hydrometeorological surveys and scientific research of the hydrological regime of rivers on the territory of Russia.

Keywords: database of hydrological stations, hydrological observation network, hydrological observations, rivers, canals, surface water resources.

Fig. 8. Tab. 1. Ref. 6.

UDC 556.043:681.3.016

Ensuring Continuity in Transition to Processing and Accumulation of Hydrological Observation Data on Rivers and Canals by New Software Complex «Ivolga». Shevchenko A.I., Gotovchenkova I.L., Stepanova E.M.

Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 29 – 37.

At present, processing of routine hydrological information on rivers and channels is conducted by the REKI-REGIM system. The development of a software system for collecting, analyzing and processing hydrological data and preparing information products and their delivery to the Ivolga consumers has been completed.

Transition from the former processing system to the new system is considered in the article. Problems to be solved in order to provide regular replenishment of the State Data Fund with good quality hydrological information, obtaining of water cadastre materials, and customer service are outlined.

Keywords: hydrological observations, rivers, canals, hydrological data processing, information storage.

Fig. 2. Ref. 7.

UDC 551.579+502.51

Trend for the Change in the Intensity of the Impact of Hydrometeorological Hazards on the Socio-Economic System. Vorobyeva L.N., Volkova E.F., Sanina A.T. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 38 – 52.

This article discusses approaches to assessing the impact of hazards and adverse weather conditions on the social and economic system of the country's development, as well as trends for changing of their impact are studied. A comparison was made for the total number of cases, frequency and density of hazards and adverse weather conditions across the territories of the subjects of the Russian Federation in order to identify the most dangerous zones. It was revealed that even with the increase in the number of hazards and adverse weather conditions, their impact on the social sphere remained practically unchanged. In its turn, the impact on the economic sphere has increased significantly. This is especially pronounced for the Central, Central Black Earth and North Caucasian economic regions.

Keywords: hydrometeorological hazards, adverse weather conditions, impact intensity, socio-economic system.

Fig. 1. Tab. 2. Ref. 3.

UDC 551.579:338

Economic Usefulness of the Hydrometeorological Information Products Used in 2021: Economic Effect in the Main Economic Activities of Users. Vorobyeva L.N., Volkova E.F., Rybanova A.Yu., Fokicheva A.A., Korshunov A.A. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 53 – 64.

Questions of the economic usefulness of the information activity of Roshydromet organizations are considered based on the use of generally accepted principles of economically optimal weather-production and organizational activities of various users of Roshydromet information products. The main indicator of the economical usefulness is the economic effect. The dynamics of the economic effect growth during the last 12 years is shown and estimates of the economic effect of the hydrometeorological information used in 2021 in the main economic fields and the territorial departments of the Roshydromet are given.

Keywords: economic usefulness, economic effect, hydrometeorological hazards, unfavorable weather conditions, social-economic system.

Fig. 4. Tab. 3. Ref. 10.

UDC [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

Prognostic Estimates of Water Flow in High Water on the Rivers of the Ob' Basin. Gnilemedov E.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 65 – 79.

The article describes a method for calculating the flow of water in high water according to precipitation data. The essence of the method is to find the highest possible correlation between water runoff and previous precipitation by excluding catchment areas from calculations where the relationship between the amount of precipitation and the amount of water entering the river network is artificially disrupted due to the construction of reservoirs and water intake structures or is complicated for natural reasons.

The series of observations of water runoff in high water on unregulated sections of the rivers of the Ob basin in the locations of socially and industrially significant objects are analyzed over the past 40 years. Trend estimates of the river flow for this period are given. Trends in the changes in average water flow rates in high water at the same hydrological posts up to 2050 are also determined from the forecast precipitation values.

Keywords: water runoff, high water, floods, flood, river basin, catchment, amount of precipitation, trend estimates of river runoff during high water, water discharge during high water, trends in river runoff changes during high water, the Ob' river.

Fig. 5. Tab. 5. Ref. 10.

UDC [556.166+551.577.61]:551.583 (470+571)

Overview of Hydrological Hazards in the Yamalo-Nenets Autonomous District. Gnilomedov E.V., Shevchenko A.I. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 80 – 92.

The article deals with hydrological hazards typical for the Yamalo-Nenets Autonomous District, which are associated with high and low water levels on the rivers. The probabilities of the occurrence of these hazards in some settlements of the district are calculated.

Keywords: Yamalo-Nenets Autonomous District, water runoff, high water, floods, flooding, hazardous and unfavorable hydrological phenomena, water discharges during floods.

Fig. 4. Tab. 3. Ref. 9.

UDC 551.501.4:551.510.53

The content and structure of the database tables with climatological observations arriving via communication channels in the BUFR code. Senova L.N., Besprozvannykh A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 93 – 113.

To store operational surface climatological data (CLIMAT) that arrive via communication channels in BUFR codes, relational database table is used. The content and structure of the table are described.

Keywords: GTS, communication channels, operational data, BUFR, database.

Fig. 3. Tab. 1. Ref. 7.

UDC 551.553.6

Dataset of Wind Speed Climatic Characteristics in the Lower Layer of the Atmosphere Obtained from Upper-air Data. Khokhlova A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 114 – 120.

The dataset of wind climatic characteristics in the lower layer of the atmosphere, that is obtained from the data of about 100 aerological stations on the territory of the Russian Federation and neighboring countries for the period 1978–2020, is described. The dataset contains average values of wind speed, distributions in directions, and average values of the coefficients included in the empirical laws of wind speed increase with altitude for each station. Examples of climatic characteristics for the two stations located in different geographical zones are considered. The dataset can be used to obtain background information and for scientific research.

Keywords: low atmosphere, climate, upper-air observations, wind, dataset.

Fig. 4. Ref. 6.

UDC 551.554

A Software Package for Determining the Aeroclimatic Conditions of Impurity Diffusion in the Atmosphere Boundary Layer Based on Reanalysis Data. Khokhlova A.V., Lavrov A.S. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 121 – 128.

The software package is designed to calculate the aeroclimatic characteristics required when choosing a site for the placement of polluting objects. Calculation procedures are oriented to ERA 5 reanalysis data. The use of reanalysis data is allowed by regulatory documents in the absence of aerological stations in the vicinity. The calculated aeroclimatic characteristics include the temperature-wind regime in the boundary layer, the frequencies and characteristics of surface and elevated temperature inversions, the estimate of atmospheric stability parameters and a number of other values. The comparison of the aeroclimatic characteristics calculated from ERA5 reanalysis data and radiosounding data for the Norilsk station is given.

Keywords: calculation, aeroclimatic characteristics, atmospheric boundary layer, reanalysis data.

Fig. 4. Tab. 1. Ref. 8.

UDC 551.571.4

Comparison of Air Humidity Characteristics Determined from Traditional Aerological Data and from High Vertical Resolution Data. Khokhlova A.V. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 129 – 134.

A comparison was made of synchronous air humidity characteristics obtained from traditional upper-air data and from high vertical resolution data received in BUFR code. The data of three Russian stations for the period 2020–2022 were used. A good match of the average characteristics is shown. A comparison of separate humidity profiles showed that high vertical resolution data provides much more detailed information about the change in humidity with altitude than traditional measurements.

Keywords: atmosphere, radiosonde data, air humidity.

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

UDC 681.518:551.5

Cross-platform Automated Workstation of an Agrometeorologist-Observer. Romanenko L.I., Zgura A.Yu., Shevchenko A.I., Trojanova I.M. Proceedings of RIHMI-WDC. 2023. N 190. P. 135 – 148.

The article provides a description of the development stages of cross-platform software for a new versions of software and technological complexes ARMAGRO and AGRO-YEARBOOK to ensure their functioning in operating environments other than Windows.

Translation of various parts of the complexes from the Delphi development environment to the Lazarus environment, based on the Free Pascal Compiler compiler, in the Object Pascal programming language. Ability to use not only MS Access DBMS, but also SQLite, PostgreSQL DBMS.

Keywords: platform-independent code, operating system, emulator environment, software-technological complex, database.

Fig. 12. Ref. 8.

Сборник научных трудов

Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Выпуск 190

Подписано к печати 28.09.2023 г. Формат 60×84/16.

Печать офсетная. Печ. л. 9,42. Тираж 300 экз. Заказ № 32.

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

