

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт»
(ФГБУ «СибНИГМИ»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ «СибНИГМИ»

О.В. Климов

« 30 » 12. 2021 г.

О Т Ч Е Т

Сибирского регионального научно-исследовательского
гидрометеорологического института

(ФГБУ «СибНИГМИ»)

о научно-исследовательской деятельности

в 2021 году

Новосибирск 2021

Содержание

| | |
|---|-----|
| 50-ЛЕТИЕ СИБНИГМИ..... | 6 |
| НАПРАВЛЕНИЕ 1..... | 8 |
| ТЕМА 1.1.3..... | 8 |
| ПРОЕКТ 1.2..... | 16 |
| ТЕМА 1.2.1..... | 16 |
| ТЕМА 1.2.2..... | 22 |
| ТЕМА 1.2.3..... | 27 |
| ТЕМА 1.2.4..... | 44 |
| 1.2.4.1..... | 44 |
| 1.2.4.2..... | 48 |
| ТЕМА 1.2.5..... | 50 |
| 1.2.5.1..... | 50 |
| 1.2.5.2..... | 52 |
| ТЕМА 1.2.6..... | 58 |
| ТЕМА 1.2.7..... | 63 |
| ПРОЕКТ 1.4..... | 70 |
| 1.4.2..... | 70 |
| ТЕМА 1.4.2.1..... | 70 |
| НАПРАВЛЕНИЕ 2..... | 76 |
| ТЕМА 2.6..... | 76 |
| НАПРАВЛЕНИЕ 6..... | 82 |
| ТЕМА 6.1..... | 82 |
| ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАБОТЫ..... | 89 |
| ТЕМА 3.17..... | 89 |
| ТЕМА 4.14..... | 90 |
| ТЕМА 9.6..... | 90 |
| ИНСПЕКЦИЯ..... | 90 |
| НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО..... | 91 |
| ТЕМА 11.1, П.4..... | 93 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ, ФИНАНСИРУЕМЫЕ ИЗ ИНЫХ ИСТОЧНИКОВ .. | 94 |
| ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР В 2021 ГОДУ | 96 |
| РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 96 |
| РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА | 97 |
| МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО | 99 |
| РАБОТА СО СМИ | 99 |
| РАБОТА С КАДРАМИ | 100 |
| СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТИИ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ, СИМПОЗИУМАХ, СЕМИНАРАХ И ВЫСТАВКАХ | 101 |
| НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ФГБУ «СибНИГМИ» | 101 |
| УЧАСТИЕ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ, СИМПОЗИУМАХ, СЕМИНАРАХ..... | 103 |
| СБОРНИК ТРУДОВ СИБНИГМИ, ВЫПУСК 107..... | 107 |
| СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ | 110 |

РЕФЕРАТ

Отчет 112 с., 52 илл., 12 табл.

МЕТЕОРОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТ,
КЛИМАТОЛОГИЯ, МЕЗОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОГНОЗЫ,
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, WEB-
ТЕХНОЛОГИИ

В отчете приведены результаты научно-исследовательских работ, полученные по завершении второго этапа 2021 г. пятилетнего Плана НИТР Росгидромета на 2020-2024 гг., Плана оперативно-производственных работ на 2021 г., а также научно-исследовательских работ по хозяйственным договорам с иными организациями. Освещены мероприятия по другим направлениям деятельности института: научно-практическая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири; научно-методическая работа; взаимодействие со СМИ; участие в конференциях, совещаниях; публикационная активность; подготовка и издание сборника Трудов СибНИГМИ № 107 и т.п.

ВВЕДЕНИЕ

Прошедший 2021-й год являлся юбилейным для СибНИГМИ: 1 января 2021 года институту исполнилось 50 лет со дня основания. Материалы по истории деятельности института, а также воспоминания ветеранов опубликованы на сайте СибНИГМИ в разделе меню «Публикации» по адресу <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?4&200>. Был подготовлен и выпущен буклет «50 ЛЕТ СИБИРСКОМУ РЕГИОНАЛЬНОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ (ФГБУ «СибНИГМИ»)». Его электронная версия выложена на сайт в раздел «Публикации». В журнале «Метеорология и гидрология» (с. 142-143. № 8 за 2021 г.) опубликована статья «СибНИГМИ — 50 лет» (полная версия размещена на сайте журнала по адресу <http://mig-journal.ru/archive?id=5559>).

Центральным мероприятием к 50-летию ФГБУ «СибНИГМИ» стала научно-практическая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири. Конференция прошла на 20-22 октября 2021 г. в г. Новосибирске (ул. Советская, 30) в гибридном очно-заочном формате, организатор конференции - ФГБУ «СибНИГМИ». Программа, тезисы конференции, а также доклады выложены на сайт института по адресу <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?3&0>

Научно-исследовательская работа проводилась в рамках Плана НИТР Росгидромета на 2021 году ФГБУ «СибНИГМИ» по следующим направлениям:

- проект 1.2 по разделам - темы НИР 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4 (1.2.4.1 и 1.2.4.2), 1.2.5 (1.2.5.1 и 1.2.5.2), 1.2.6, 1.2.7;
- проект 1.4 - НИР по теме 1.4.2.1, а также координация работ в целом по проекту;
- тема 1.1.3, раздел СибНИГМИ в качестве соисполнителя ФГБУ «ГМЦ России»;
- проект 2.6, раздел СибНИГМИ в качестве соисполнителя ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»;
- проект 6.1, раздел СибНИГМИ в качестве соисполнителя ФГБУ «ИПГ».

Научно-методическое руководство оперативными прогностическими подразделениями Росгидромета на территории Урало-Сибирского региона осуществляется на регулярной основе, в том числе с помощью интернет-страницы сайта института «Метод.кабинет» <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?6>, инспектирования, переписки, контактов по аудио-, видеосвязи.

Оперативно-производственные работы выполнялись в рамках Плана ОПР Росгидромета на 2021 г. Все виды расчетной прогностической информации представлены на сайте в разделе «Продукция» <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5>.

Запланированный объем работ выполнен полностью.

По всем темам Плана НИТР Росгидромета на 2021 г. подготовлены промежуточные отчеты по ГОСТ 7.32-2017 и зарегистрированы в Единой государственной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ). Тексты промежуточных отчетов доступны для просмотра и скачивания по адресу <http://rosrid.ru>.

В 2021 году было разработано шесть новых и усовершенствованных методов и технологий, внедрен метод и технология прогноза заморозков по территории Западно-Сибирского УГМС с заблаговременностью 1-3 суток, успешно прошедший испытания на разных территориях и одобренный техническими советами Управлений по гидрометеорологии, расположенных в СФО и УАФО.

Получены пять свидетельств Федеральной службы по интеллектуальной собственности о регистрации результатов интеллектуальной собственности – программ для ЭВМ, баз данных.

В отчете размещен список публикаций, подготовленных сотрудниками СибНИГМИ, а также список международных, региональных конференций, семинаров и т.п., в которых принимали участие сотрудники института.

Было проведено четыре заседания Ученого совета института, на которых обсуждались научные результаты и проблемные вопросы, освещались важные и перспективные тенденции и новые направления развития гидрометеорологической науки.

Научно-просветительская деятельность велась через средства массовой информации.

Электронная версия настоящего отчета размещена на сайте СибНИГМИ по адресу <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?0&6>

50-ЛЕТИЕ СИБНИГМИ

Полувековой юбилей СибНИГМИ пришелся на непростой период планетарной пандемии по коронавирусу. Однако работы не прекращались ни на день: по необходимости на дому были оборудованы рабочие места (компьютеры, выход в интернет), был обеспечен удаленный доступ к серверам института.

Западно-Сибирский региональный научно-исследовательский институт 1-й категории с Вычислительным Центром 1-й категории, был создан 1 января 1971 г. приказом № 215 ГУМС от 25.12.1970 г.) на базе Новосибирского филиала Гидрометцентра СССР, Новосибирского Бюро Погоды и обсерватории. Инициатором, организатором и первым директором института стал Самуил Моисеевич Шульман, который одновременно продолжал возглавлять и Западно-Сибирское Управление по гидрометеорологии. Он заложил мощный фундамент, сформировав современную по тем временам материальную базу, обеспечив укомплектование института молодыми талантливыми учеными.

Огромную поддержку в становлении и развитии института оказал председатель Президиума Сибирского отделения Академии Наук СССР академик Гурий Иванович Марчук. Он заложил основы научной школы СибНИГМИ в области численных методов прогнозов погоды, организовал подготовку кадров высшей научной квалификации.



Самуил Моисеевич Шульман Гурий Иванович Марчук

Директорский корпус СибНИГМИ в разные годы:



Пушистов П.Ю.
1982-1994 гг.



Топоров В.М.
1994-2005 гг.



Крупчатников В.Н.
2005-2016 гг.



Колкер А.Б.
2017-2020 гг.



Климов О.В.
2020-по
настоящее
время

В связи с юбилейной датой была проведена научно-техническая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 50-летию образования СибНИГМИ), которая состоялась в г. Новосибирск 20-22 октября 2021 г.

Материалы конференции размещены на сайте ФГБУ «СибНИГМИ» <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?3&0>. Видеотрансляция конференции представлена на канале СибНИГМИ:

<https://www.youtube.com/channel/UCHTONJ03fmljEVj3udn9xkQ/featured>

Целью конференции было представление итогов деятельности ФГБУ «СибНИГМИ» за 50 лет – научные исследования и практические примеры применения научных разработок СибНИГМИ в оперативной работе гидрометслужбы, а также заделы новых направлений деятельности.

Был подготовлен и издан сборник статей «Труды Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института», выпуск 107, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири» (к 50-летию образования СибНИГМИ) под редакцией доктора физико-математических наук В.Н. Крупчатникова, кандидата технических наук А.Б. Колкера. Сборник издан Сибирским отделением Российской Академии наук (г. Новосибирск). Все статьи прошли рецензирование. В сборнике представлены результаты исследований, проведенных в последние годы, описаны разработки региональных методов кратко- и долгосрочных прогнозов погоды, гидрологии, агрометеорологии и контроля окружающей среды. Материалы сборника представлены на сайте института по адресу в разделе «Публикации» по адресу <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?4>.

НАПРАВЛЕНИЕ 1.

МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ПРОГНОЗОВ

Научный организатор (куратор): Р.М. Вильфанд, д.т.н. (ФГБУ «Гидрометцентр России»), заказчик – координатор, ответственный за реализацию: УГНС И.А. Евдокимов

ТЕМА 1.1.3.

Развитие и совершенствование системы нового поколения краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru сверхвысокого разрешения (с шагами сетки до 1 км) на основе бесшовной негидростатической модели атмосферы ICON.

ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «СибНИГМИ», ФГБУ «НПО «Тайфун»
(Ривин Г.С. – д.ф.-м.н.)

Раздел ФГБУ «СибНИГМИ».

Получен тестовый вариант модели ICON-LAM для Урало-Сибирского региона и оперативной системы численного прогноза погоды высокого разрешения на суперкомпьютере Cray-XC40 на базе новой версии модели COSMO-Ru.

Выполнена настройка окружения CRAY-XC40, скомпилированы версии ICON 2.6.2.2, ICONTOOLS 2.4.12

Сконфигурированы домены и получены файлы внешних данных конфигураций с разрешением горизонтальной сетки 6.6 и 2.2 километра, аналогичные расчетным доменам COSMO-RuSib (рис. 1).

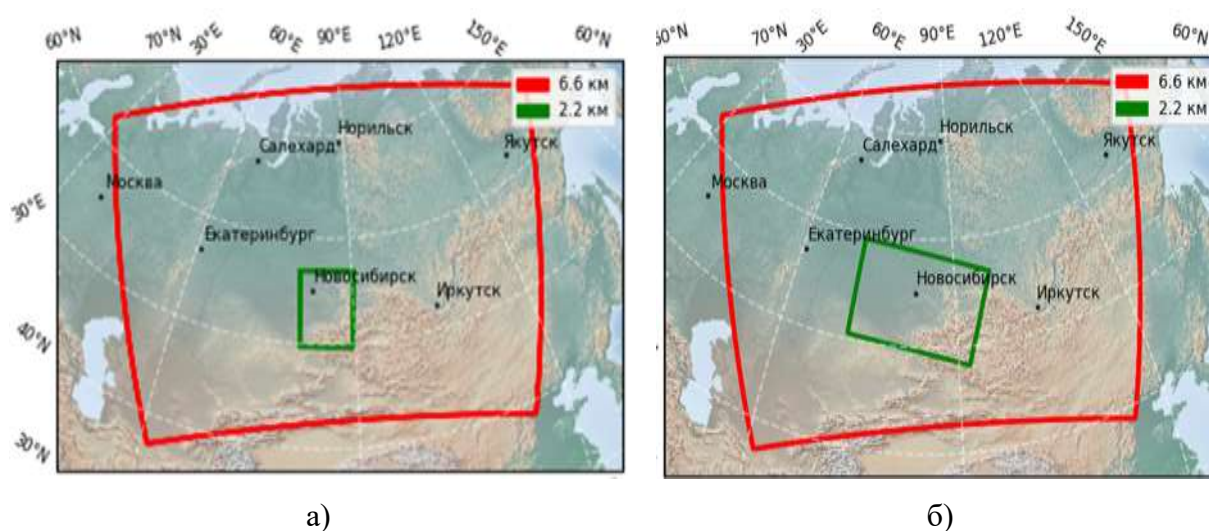


Рисунок 1 - Расчетная область по доменам ICON-RuSib 6.6 (красная область) и 2.2 (зеленая область) а) соответствующие текущей оперативной и квази-оперативной конфигурации COSMO б) с расширенной областью домена 2.2 км

Разработаны скрипты подготовки начальных, граничных условий и запуска прогноза ICON.

Произведено обновление версии COSMO до 5.9 и переход на параметризацию физических процессов «ICON-COSMO» в версии COSMO-SIB 6.6 км и 2.2 км.

Настроен неймлист и набор выходных переменных для домена ICON с горизонтальным шагом сетки 2.2 км для воспроизведения конвективных явлений. Добавлены выходные переменные выгрузок домена COSMO 2.2 км для консультативных прогнозов опасных явлений. Реализована система подготовки и визуализации прогностических полей COSMO 2.2, ICON 2.2 км для прогноза конвективных опасных явлений (рис. 2).

Для подготовки к докладу на COSMO General Meeting 2021 произведена верификация прогнозов гроз за июль, август 2021 года по сообщениям, передающимся с метеорологических станций наблюдательной сети.

На этапе выполнения НИР 2021 года разработана оперативная система численного прогноза погоды высокого разрешения на суперкомпьютере Cray-XC40 на базе новой версии модели COSMO-Ru. Новая версия модели COSMO - это негидростатическая несжимаемая региональная модель прогноза разработанная как оперативная версия численного прогноза погоды (ЧПП), так и для использования в различных научных приложениях в диапазоне масштабов: мезо- β и мезо- γ , где негидростатические эффекты начинают играть существенную роль в эволюции атмосферных потоков. До сих пор, версии модели ЧПП работали на гидростатических масштабах движения с шагом сетки примерно до 7 км и, таким образом, не имели пространственного разрешения, необходимого для явного описания мелкомасштабных опасных погодных явлений.

В новой версии модели за счет использования шага сетки от 1 до 3 км для оперативных прогнозов, можно в явном виде разрешить некоторые механизмы глубокой влажной конвекции и связанные с ней механизмы обратной связи с более крупными масштабами движения. Таким образом, модели ЧПП в мезо-гамма-масштабе обладают потенциалом для преодоления недостатков, возникающих в результате применения параметризованной конвекции в существующих гидростатических моделях с крупной сеткой. Оперативное применение модели прежней версии COSMO проводилось в основном в масштабе мезо- β с шагом сетки 7 км. Основной проблемой было точное численное прогнозирование погодных условий в нижнем слое тропосферы: облака, туман, фронтальные осадки, а также орографические локальные системы ветра. С переходом на масштаб мезо- γ с шагом сетки 2,2 км, мы ожидаем, что это позволит напрямую моделировать суровые погодные явления, вызванные глубокой влажной конвекцией, такие как грозовые суперячейки, интенсивные мезомасштабные конвективные кластеры, префронтальные шквальные штормы и сильные снегопады в зимних мезоциклонах. В последнее время ряд физических пакетов были объединены с их аналогами в модели ICON, параметризации подсеточных физических процессов были унифицированы.

Расчетное (динамическое) ядро современных гидродинамических моделей (например COSMO, ICON, WRF) позволяет описать явления глубокой конвекции. Используемая в Росгидромете система численного мезомасштабного прогноза COSMO-Ru [1], имеет динамическое ядро, способное явно воспроизвести часть механизмов глубокой конвекции при достаточно высоком горизонтальном разрешении. При явном моделировании процессов глубокой конвекции в COSMO используется расширенная одномоментная параметризация микрофизики облачности [2], а в модели ICON, являющейся следующим поколением моделей консорциума COSMO, реализована и более точная двухмоментная параметризация микрофизики облачности [3]. Возможность использования явного расчета мезомасштабных конвективных образований определяется горизонтальным шагом сетки моделируемой области, который должен составлять не более 3-х километров [4].

Созданы программы и подготовлены результаты верификации прогнозов COSMO-RuSib 13.2, 6.6 и 2.2 км в соответствии с наставлением по оценкам для давления на уровне моря, температуры на уровне 2 метра и суммы 12-часовых осадков. Проанализированы результаты за период осень 2020 г. – осень 2021 г. По результатам анализа принято решение об изменении профиля внешних данных на ExtPar с использованием базы FAO Digital Soil Map of the World.

Произведено обновление версии COSMO до 5.09 и переход на параметризации физических процессов «ICON-COSMO» в версии COSMO-SIB 6.6 км и 2.2 км. Произведено сравнение с данными измерений в период таяния льда и снега расчетов версии 5.03, 5.08 и 5.09. Версия 5.08 имеет ошибку в расчете схемы таяния льда, которая была исправлена в последующей версии (рис. 2, 3).

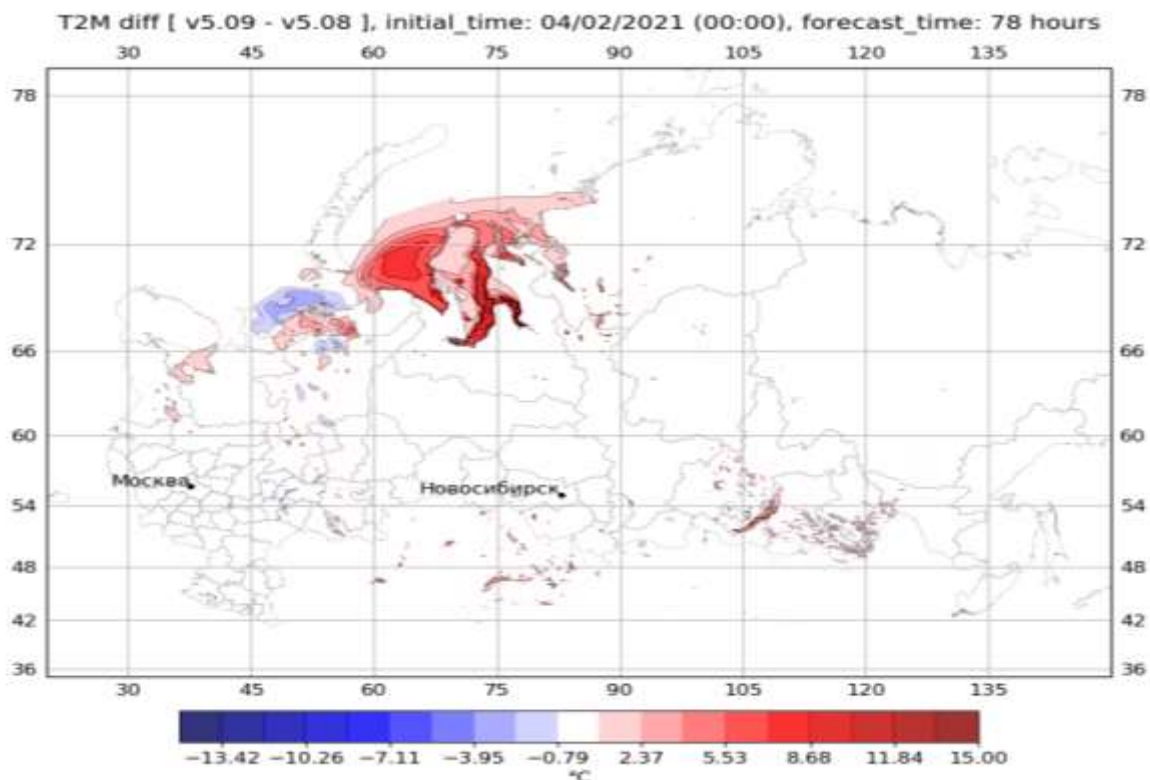


Рисунок 2 - Пример разницы температур для прогноза по версии COSMO 5.08 относительно прогноза COSMO 5.09

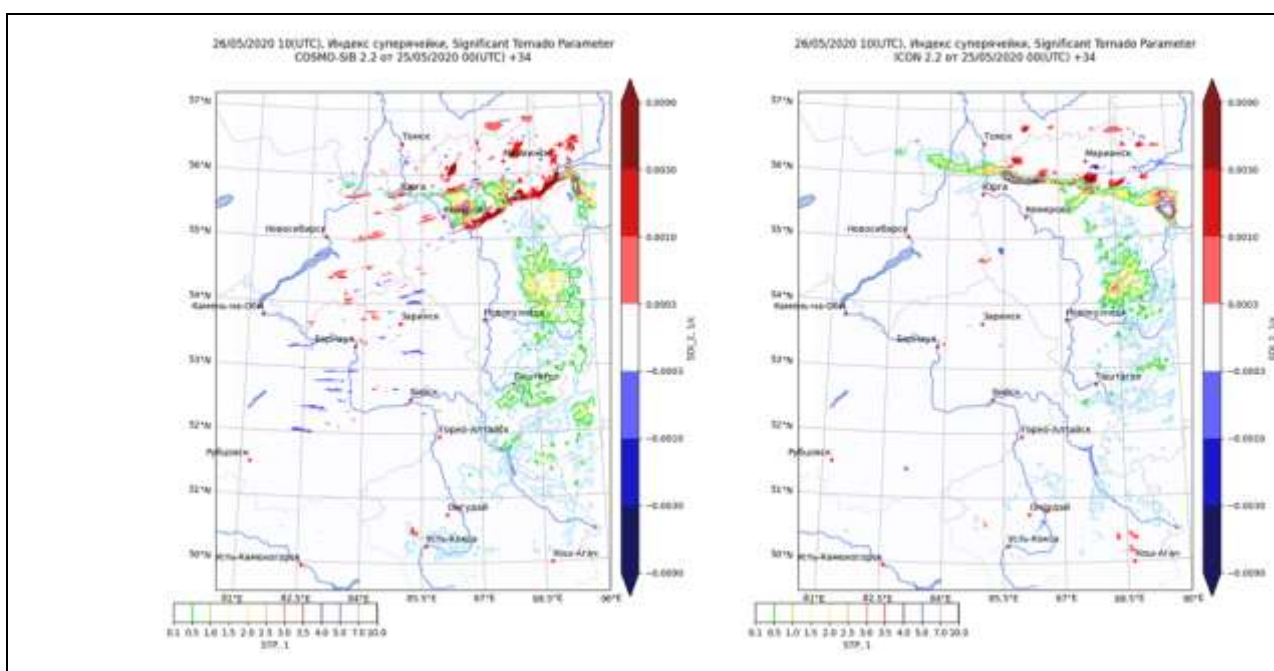


Рисунок 3 - Пример сравнения COSMO 2.2 и ICON 2.2 вычисленного комплексного показателя риска формирования значительных смерчей (STP) и модельного поля индекса обнаружения суперячеек (SDI₂)

С участием сотрудников Гидрометцентра России произведена корректировка результатов представления модельных прогнозов, для синоптиков территории ответственности СибНИГМИ проведен доклад «Методические рекомендации по интерпретации прогнозов опасных конвективных явлений», докладчик Захарченко Д.И.

Гидрометцентр России. Результаты визуализации (пример - на рисунке 4) выкладываются по адресу <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5> по мере расчета прогноза на вычислителе CRAY Новосибирск.

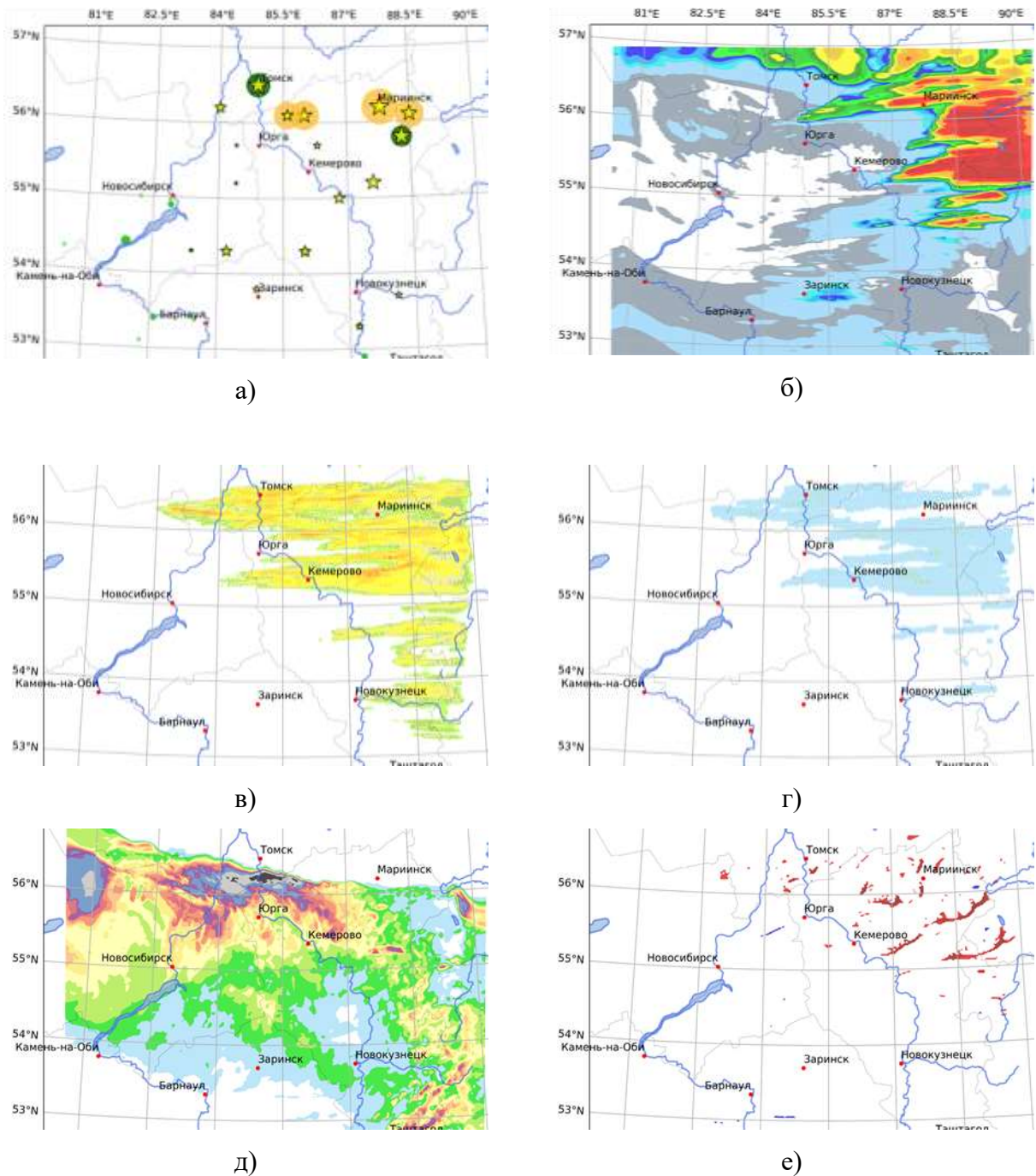


Рисунок 4 - Сообщения о грозах и осадках на станции (размер пропорционален количеству сообщений с грозами за сутки от 1 до 5, сумме осадков до 30 мм (а) ; прогноз радарной отражаемости за 12 UTC, до 60 dbZ (б); прогноз LPI индекса молниевоегo потенциала, максимум поля за сутки (интенсивность от 10 до 200 Дж/м²) (в); прогноз диаметра града, максимум поля за сутки (голубым 20 мм, зеленым - 30) (г) ; прогноз индекса STP, максимум поля за сутки (интенсивность от голубой к темной области от 1 до 10) (д); прогноз индекса суперячейки SDI_2, максимум поля за сутки, красный - положительные значения до 0.009 1/с, синий - симметрично отрицательные (е)

В настоящее время система, предназначенная для прогноза опасных конвективных явлений, работает в квазиоперативном режиме. Прогноз конфигурации 2.2 км, в отличие 6.6 км, предоставляет более детализированную картину характера прогнозируемых конвективных образований и ассоциируемых с ними опасных явлений погоды, в частности при помощи набора параметров, основанных на явном моделировании глубокой конвекции (индексы обнаружения суперячеек, молниевое потенциала, диаметра града).

Совместно с коллегами из Гидрометцентра России (Блинов Денис Викторович и Захарченко Денис Иванович, методическая поддержка, анализ результатов) и Шиховым Андреем Николаевичем (Пермский государственный национальный университет, сравнение с данными о ветровалах, визуализация, анализ результатов сравнения) проанализированы возможности модели для воспроизведения сильной глубокой конвекции. На примере прогноза сильных шквалов в Кемеровской области 26.05.2020 г. показано воспроизведение моделью порывов ветра свыше 30 м/с (рисунок 5), связанных с прохождением мезомасштабных конвективных систем. Качество прогноза (оцененное на основе сравнения с фактическими данными наблюдений, сведениями о пострадавших населенных пунктах, а также о ветровалах), оценено как удовлетворительное, такой прогноз мог быть использован при выпуске оперативными подразделениями Росгидромета штормовых предупреждений для информирования граждан и организаций о высоком риске возникновения ОЯ конвективного характера в регионе во второй половине дня 26 мая.

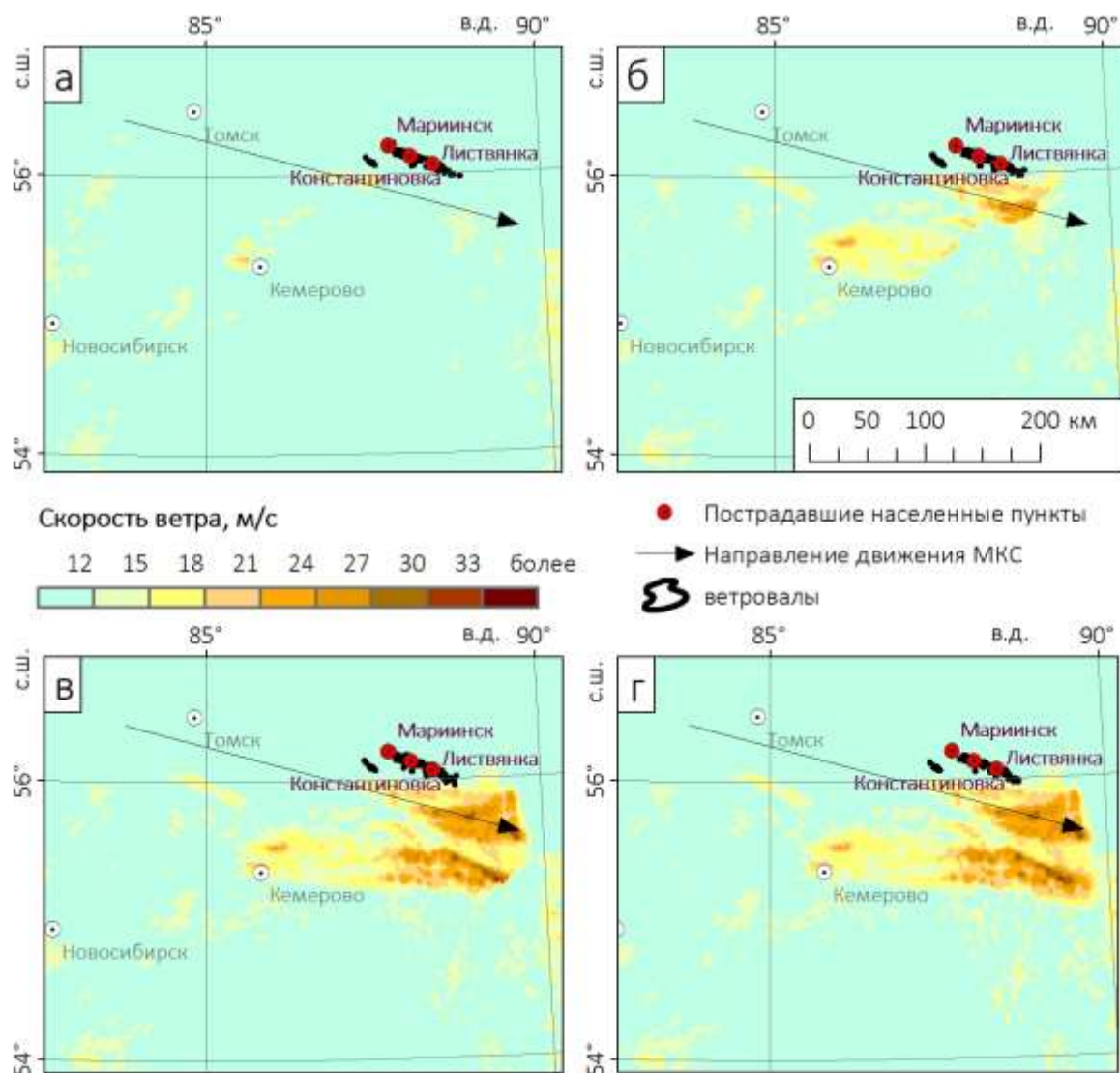


Рисунок 5 - Расчетная скорость ветра по модели COSMO-RuSib 2.2 при шквале 26.05.2020 г. в Кемеровской области: а) 09.00 ВСВ, б) 10.00 ВСВ, в) 11.00 ВСВ, г) 12.00 ВСВ

Проведён вычислительный эксперимент по сравнению результатов прогноза гроз моделями COSMO и ICON. Произведена верификация прогнозов за август 2021 года по наблюдаемым явлениям, передающимся с метеорологических станций наблюдательной сети.

Таблица 1 - Результаты верификации прогнозов гроз

| Ближайшие узлы в радиусе, км | Показатели успешности прогнозов | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | FAR | | | POD | | | CSI | | |
| | C | I_1M | I_2M | C | I_1M | I_2M | C | I_1M | I_2M |
| 13 | 0.605 | 0.601 | 0.569 | 0.046 | 0.072 | 0.064 | 0.043 | 0.065 | 0.059 |
| 20 | 0.621 | 0.602 | 0.585 | 0.078 | 0.128 | 0.105 | 0.069 | 0.107 | 0.091 |
| 50 | 0.671 | 0.658 | 0.648 | 0.232 | 0.352 | 0.317 | 0.157 | 0.209 | 0.2 |
| 100 | 0.75 | 0.745 | 0.734 | 0.424 | 0.588 | 0.558 | 0.186 | 0.215 | 0.219 |

Общий анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы. ICON_2M показывает меньший коэффициент ложных тревог FAR по сравнению с близкими друг к другу значениями для COSMO и ICON_1M. Значительное увеличение вероятности обнаружения POD характерно для пространственной агрегации более или равной 50 километрам для всех моделей. ICON для обеих конфигураций показывает в целом несколько лучший комплексный показатель CSI. При этом расчет на 10 узлах для одного цикла прогноза на 48 часов для ICON_1M занимает 37 минут, а для ICON_2M 62 минуты.

Созданы программы и подготовлены результаты верификации прогнозов COSMO-RuSib 13.2, 6.6 и 2.2 км в соответствии с наставлением по оценкам для давления на уровне моря, температуры на уровне 2 метра и суммы 12-часовых осадков. Проанализированы результаты за период осень 2020 – осень 2021 гг. Проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого оценивались вертикальный профиль температуры по измерениям СВЧ профилометра МТП-5, установленного в аэропорту Толмачево. Сравнивалась серия прогнозов на +48 часов за каждый день от начальных данных 00 ВСВ для двух наборов орографии внешних данных - HWSD Digital Soil Map of the World и FAO Digital Soil Map of the World. В случае использования базы данных орографии HWSD средняя ошибка для температуры для конфигурации COSMO-RuSib 6.6 (сплошной линией на рис. 6а) достигает в среднем -1 градус, когда для конфигураций 13.2 и 2.2 километра в среднем 0.5 градуса. При использовании базы данных FAO (рисунок 6б) средние ошибки близки для всех конфигураций.

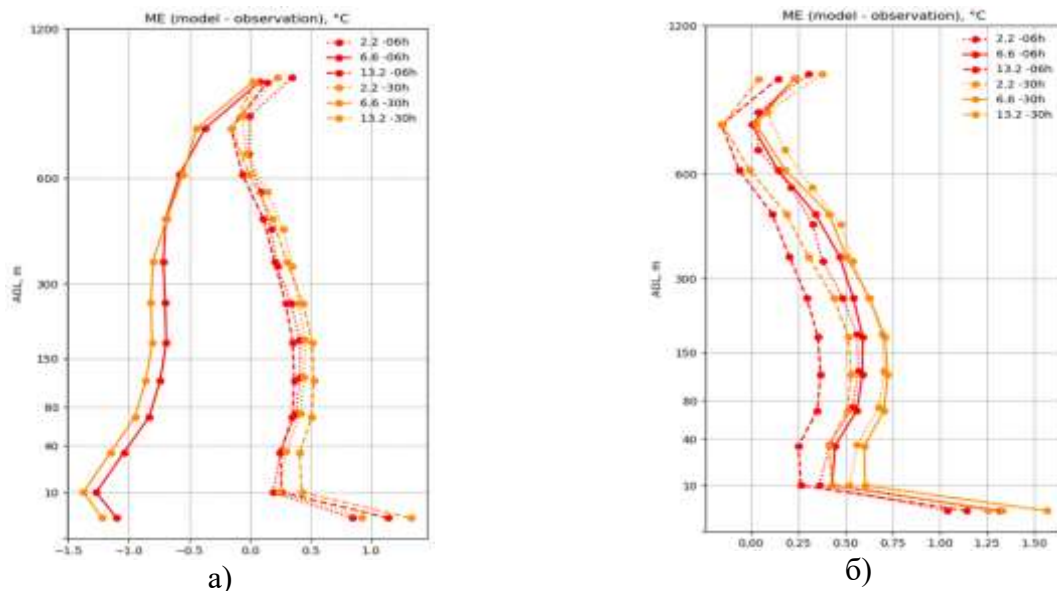


Рисунок 6 - Среднеквадратические ошибки вертикального профиля температур по данным СВЧ профилометра МТП-5 с использованием ExtPar HWSD (а) и ExtPar FAO (б)

По анализу результатов верификации принято решение об изменении профиля внешних данных на ExtPar с использованием базы FAO Digital Soil Map of the World.

По окончании выполнения этапа 2021 года были созданы конфигурации доменов и получены файлы внешних данных расчетной сетки ICON-LAM для разрешения 6.6 и 2.2 км. Для домена 2.2 км подготовлено два варианта - эквивалентный текущей квазиоперативной области расчета COSMO-RuSib 2.2 и расширенная область, доступная для оперативного расчета при полной загрузке суперкомпьютера CRAY XC-40 Новосибирск. Файл внешних данных домена с разрешением 2 км также содержит вложенную область с разрешением 1 км.

Произведено обновление версии COSMO до 5.09 и переход на параметризации физических процессов «ICON-COSMO» в версии COSMO-SIB 6.6 км и 2.2 км. Подобраны оптимальные значения минимального значения вертикального коэффициента термической диффузии для версии 5.09.

Настроен неймлист и набор выходных переменных для домена ICON с горизонтальным шагом сетки 2.2 км для воспроизведения конвективных явлений. Добавлены выходные переменные выгрузок домена COSMO 2.2 км для консультативных прогнозов опасных явлений. Реализована система подготовки и визуализации прогностических полей COSMO 2.2, ICON 2.2 км для прогноза конвективных опасных явлений.

Проведён вычислительный эксперимент по сравнению результатов прогноза гроз моделями COSMO и ICON. Произведена верификация прогнозов за август 2021 года по наблюдаемым явлениям, передающимся с метеорологических станций наблюдательной сети

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221120100206-9).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ПРОЕКТ 1.2.

Развитие методов и технологий метеорологических, гидрологических и агрометеорологических прогнозов, оценки состояния и загрязнения окружающей среды для повышения качества гидрометеорологического обслуживания УГМС региона Урала и Сибири. ФГБУ «СибНИГМИ (А.Б. Колкер, к.т.н.)

ТЕМА 1.2.1.

Развитие технологии детализированного численного краткосрочного прогноза явлений погоды, включая опасные, по территории Урало-Сибирского региона. Разработка физико-статистических методов и оперативной технологии прогноза максимальных порывов ветра в опасной категории ($\geq 15\text{ м/с}$) и туманов на 1-3 суток по территории Урало-Сибирского региона на базе постпроцессинга модельных гидродинамических расчетных полей метеоэлементов.

Разработан метод распознавания сильного ветра по территории Урало-Сибирского региона на базе постпроцессинга модельных гидродинамических расчетных полей метеоэлементов.

С конца 20-го века в оперативной практике территориальных управлений Урало-Сибирского используются автоматизированные методы прогноза сильного ветра, основанные на использовании прогностической модельной продукции. Чтобы определиться с выбором базовых моделей на первом этапе, были получены сравнительные оценки прогноза среднего ветра на уровне 10м по моделям GFS, COSMO_Sib13, ПЛАВ. Оценки прогнозов скорости и направления ветра посчитаны по периодам 2019 года: январь-март, апрель-май, июнь-август, сентябрь-октябрь, ноябрь-декабрь на все сроки от +06 до +66 часов через каждые 6 часов; территория от Урала до республики Саха, 370 метеостанций. Сравнительный анализ оценок показал, что качество прогнозов скорости ветра по моделям COSMO и GFS примерно одинаковое, разница в обеспеченности ошибок $\leq 3\text{м/с}$ в пределах 5% практически по всей территории, тогда как по модели ПЛАВ оценки значительно ниже - на южной части более чем на 30% (Рис.7). Аналогичный результат для прогнозов направления ветра (Рис.8)

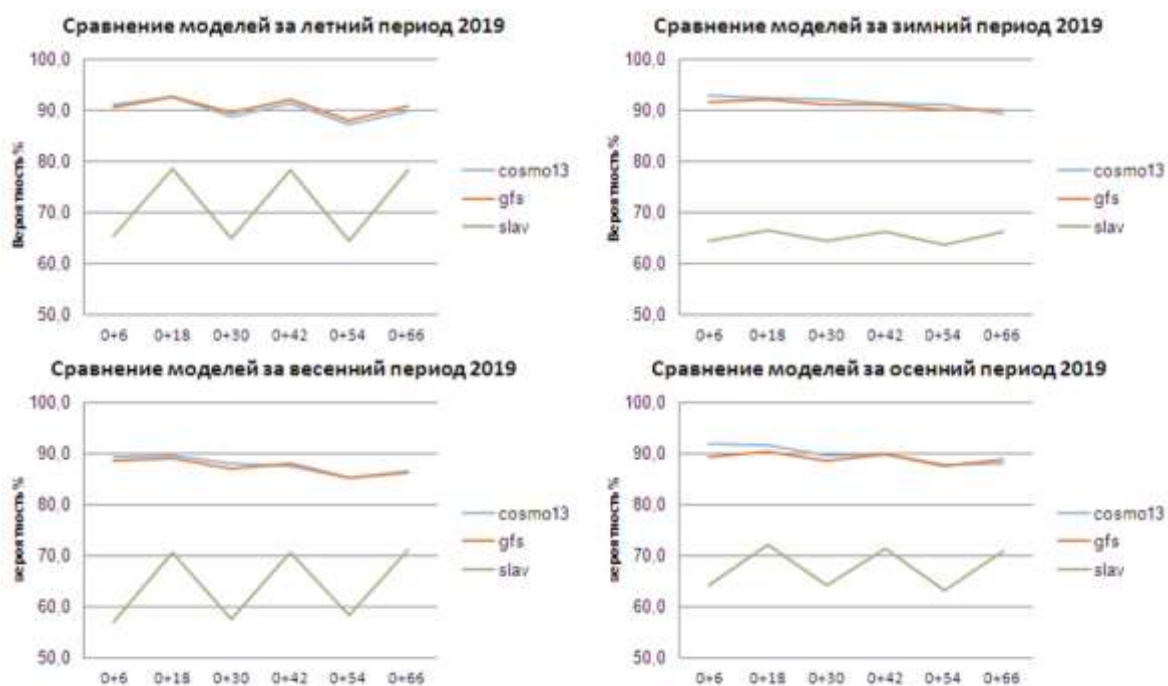


Рисунок 7 - Средняя обеспеченность (%) ошибки скорости ветра $\leq 3\text{м/с}$ моделей COSMO, GFS и ПЛАВ по сезонам 2019 года

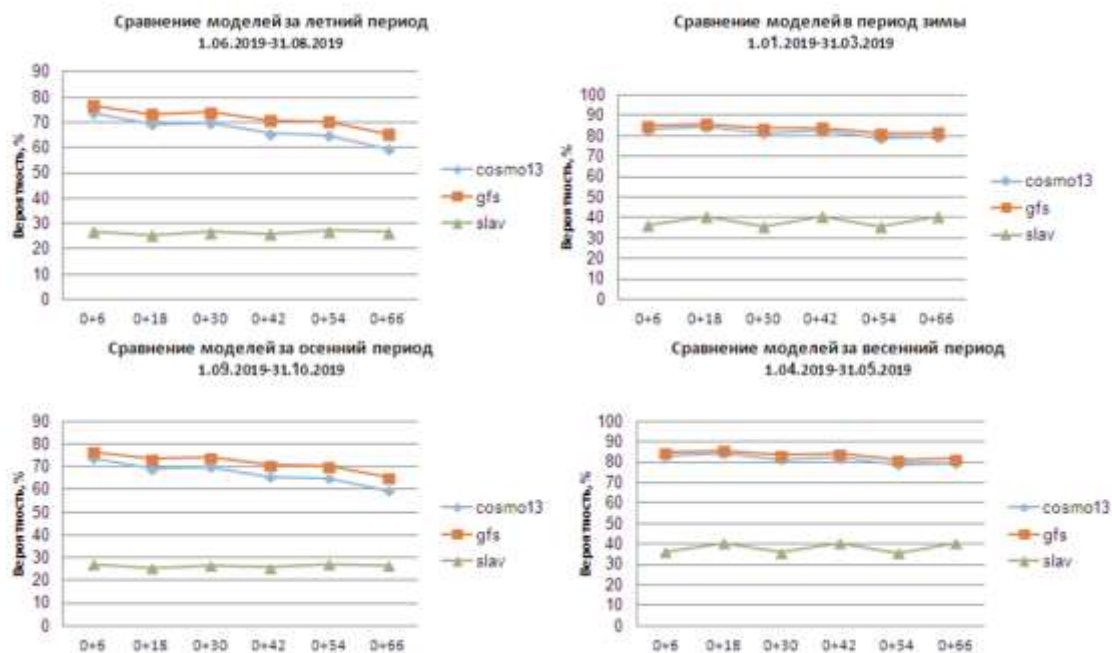


Рисунок 8 - Средняя обеспеченность (%) ошибки направления ветра $\leq 40^\circ$ моделей COSMO, GFS и ПЛАВ по сезонам 2019 года

Таким образом, в качестве базовых моделей выбраны GFS и COSMO_Sib13.

Для распознавания ситуаций с сильным ветром применен метод построения бинарных решений в виде логических деревьев по алгоритму DW, автором которого являлся главный научный сотрудник Института Математики СО РАН Г.С. Лбов. Разделение начальной выборки с наборами признаков для двух образов на ветки производится путем определения максимального расхождения условных вероятностей при рекурсивном переборе всех значений предикторов.

В качестве потенциальных предикторов выступают выходные поля моделей GFS и COSMO: для холодного периода 26 модельных и расчетных параметров, для теплого-34 с добавлением индексов, отражающих конвективную неустойчивость. На базе четырехлетней архивной выборки построены бинарные деревья для 685 пунктов Урало-Сибирского региона на синхронные сроки заблаговременности до +72 часов. За счет итерационного сокращения числа признаков и за счет сокращения веток деревьев получены наборы бинарных решений по каждой модели на каждый срок заблаговременности и для каждой метеорологической станции. По оценкам на зависимом материале выбирается 7-10 «лучших» решений. Задача нахождения из них наиболее оптимального дерева решается с помощью подключения независимой выборки.

Оценки прогнозов максимальных порывов ветра на 1-3 сутки произведены по полусуткам отдельно для дневного и ночного периода, по сезонам 2019 года. Факт и прогноз по 685 метеостанциям.

Для факта объединены данные из нескольких групп КН-01: максимальных порывов по 8-срокам с трехчасовым интервалом в сроки, максимальных порывов между сроками и максимального ветра по полусуткам. В случаях отсутствия измерений максимального ветра подключались данные скорости среднего ветра по 8-срокам.

Для каждой метеостанции выбиралось максимальное значение из всех групп наблюдений в соответствующие полусутки.

В качестве прогноза выбран выходной модельный параметр — максимальные порывы ветра на уровне 10м (модель COSMO-RU_Sib13) и максимальные порывы ветра у поверхности земли (модель GFS/NCEP), интерполированные в точки наблюдений. Так же, как и для факта выбиралось максимальное значение из сроков за полусутки.

В осеннем сезоне обе модели показали наиболее качественные прогнозы максимальных порывов ветра. По югу Западной Сибири оправдываемость наличия явления в основном превышает 75% при такой же высокой предупреденности. Различия в модельных прогнозах видны лишь в оценках предупреденности (Рис. 9): на срок +18ч COSMO имеет преимущество на территории вдоль Иртыша и юге Красноярского края, на следующие заблаговременности добавляется положительная разница в Омской области, на севере Томской, у GFS лучше предупреденность на юго-востоке Западной Сибири и на севере округа Югра.

Весной и летом 2019г. модель COSMO сохраняет высокий уровень вероятности прогнозов превышения скорости приземного ветра 14 м/с, при этом их предупреденность в ночные сроки (+18, +42, +66ч) по югу территории снижается до 50%, а на юго-востоке и до 25% и ниже. В это же время модель GFS на юго-востоке лучше улавливает порывы, при этом на остальной территории и в дневные сроки существенно уступает модели COSMO.

Зимой оправдываемость по моделям примерно одинаковая, на большей части территории выше 75%. Предупреденность явления на +18ч по модели COSMO снижается до 25% на юге Омской области, в Алтайском крае, на юге Красноярского края, в Хакасии и Тыве, уступая по этому показателю прогнозам GFS. На срок +30 преимущество прогнозов GFS по предупреденности добавляется территория Новосибирской, Томской областей. Напротив, на западе в Свердловской, Тюменской областях предупреденность сильного ветра существенно лучше по модели COSMO.

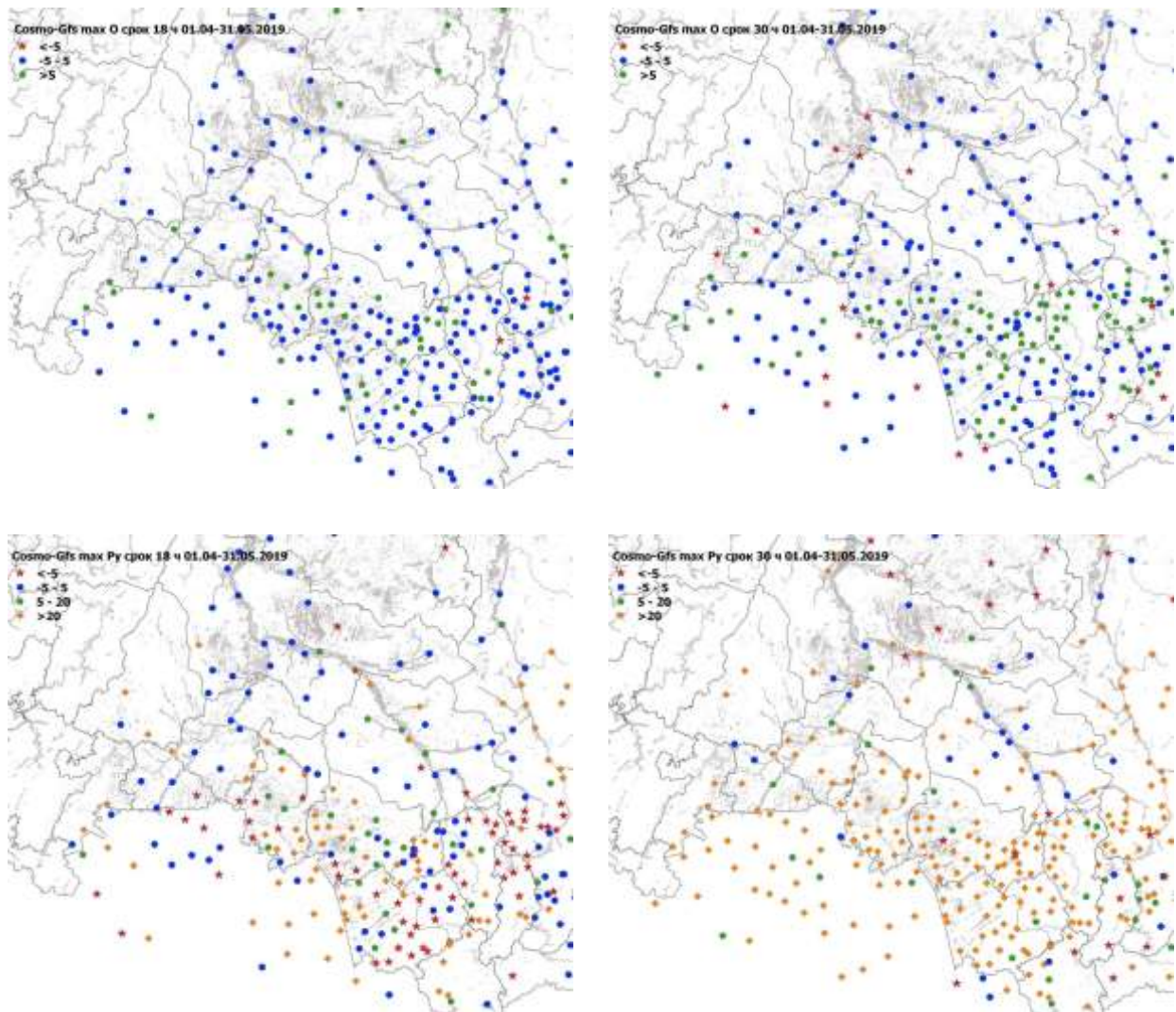


Рисунок 9 – Разность оправдываемости (вверху) и предупрежденности (внизу) прогнозов максимальных порывов ветра между моделями COSMO и GFS весной 2019г. на сроки 18 (ночь) и 30 (день)

Построение статистических решений распознавания метеорологических явлений для их прогнозов по территории Урало-Сибирского региона произведено на базе выходных параметров моделей GFS и COSMO, как имеющих относительно широкий спектр выходных параметров достаточно надежного качества. Список потенциальных признаков включает базовые модельные и расчетные на их основе параметры с учетом отражения физических условий для возникновения сильного ветра в разных периодах года (табл. 1). Так, для теплого периода добавлены индексы, отражающие конвективную устойчивость/неустойчивость атмосферы (28-33 параметры).

Таблица 1 – Список потенциальных признаков для распознавания сильных порывов ветра

| № | Параметр | Ед. | Описание параметра |
|----|--------------|-------|---|
| 1 | GMAX12h | m/s | максимальный порыв на 10м (за 12 часов) |
| 2 | G_max50 | m/s | максимальный порыв на 10м в радиусе 50км |
| 3 | G_max100 | m/s | максимальный порыв в радиусе 100км |
| 4 | Gm_srd50 | m/s | средний порыв в радиусе 50км |
| 5 | FF0 | m/s | скорость среднего ветра на 10м |
| 6 | FF850 | m/s | скорость ветра на уровне АТ-850 |
| 7 | FF700 | m/s | скорость ветра на уровне АТ-700 |
| 8 | FF500 | m/s | скорость ветра на уровне АТ-500 |
| 9 | FF300 | m/s | скорость ветра на уровне АТ-300 |
| 10 | dir700 | gr/10 | направление ветра на уровне АТ-700 |
| 11 | dir500 | gr/10 | направление ветра на уровне АТ-500 |
| 12 | T9-T0 | K*10 | вертикальный градиент температуры Т925- Т2м |
| 13 | T8-T0 | K*10 | вертикальный градиент температуры Т850- Т2м |
| 14 | T(+6)-T | K*10 | прогноз изменения температуры (+06ч) |
| 15 | gradT100 | K*10 | горизонтальный градиент Т2м /100км |
| 16 | gradP200 | Pa | горизонтальный градиент Р(ур.моря) /200км |
| 17 | P(+6)-P | Pa | прогноз изменения давления +06ч |
| 18 | H500-H950 | gPa | вертикальный градиент геопотенциала |
| 19 | gradH850 | gPa | горизонтальный градиент H850 /200км |
| 20 | gradH700 | gPa | горизонтальный градиент H700 /200км |
| 21 | gradH500 | gPa | горизонтальный градиент H500 /200км |
| 22 | VVEL950 | m/s | вертикальная скорость на 950 (между уровнями) |
| 23 | VVEL850 | m/s | вертикальная скорость на 950 (между уровнями) |
| 24 | VVEL700 | m/s | вертикальная скорость на 950 (между уровнями) |
| 25 | GMAX06h | m/s | максимальный порыв на 10м за 6 часов (-3ч - +3ч) |
| 26 | LAPP300 | pa | лапласиан давления в радиусе 300км |
| 27 | abs(T(+6)-T) | K*10 | абсолютная величина изменения температуры +06ч |
| 28 | TT | K*10 | $T_{850} + Td_{850} - 2 * T_{500}$ |
| 29 | SWEAT | | $12Td_{850} + 20(TT - 49) + 4F_{850} + 2F_{500} + 125(\sin(D_{500} - D_{850}) + 0.2)$ |
| 30 | Jeff | K | Индекс Джефферсона $1.6Tp_{850} - T_{500} - 0.5dTd7$ |
| 31 | LF | K | Индекс термической стратификации |
| 32 | CAPE 0-180 | J/kg | Потенциальная энергия конвективной неустойчивости в слое 180-0 гПа |
| 33 | Htop | m | Высота верхней границы конвективной облачности (КО) |
| 34 | Htop-Hbot2 | m | Максимальная вертикальная протяженность КО в радиусе 200км |

Отдельно по каждому сезону года подготовлена рабочая выборка исходных параметров для случаев с наличием/отсутствием порывов ≥ 15 м/с. В неё входят данные для каждой метеостанции (всего 685) по территории Урало-Сибирского региона на каждые полусутки по срокам заблаговременности до +72ч. Вся выборка за 2015-2021годы

разделена на две части: для построения ряда решений и для тестирования с целью выбора наиболее оптимального.

Разделение начальной выборки с наборами признаков для двух образов на ветки производится путем определения максимального расхождения условных вероятностей при рекурсивном переборе всех значений предикторов. При этом в алгоритме построения дерева решений учтены ключевые моменты для повышения их устойчивости:

- получение набора бинарных решений сокращением числа признаков входной выборки по минимальным частотам попадания в деревья среди всех метеостанций и принудительным сокращением ветвей бинарного дерева решений (глубины ветвления);
- выбор 7-10 лучших решений для последующей селекции;
- нахождение наиболее устойчивого варианта сравнением результатов восстановления решений на независимой выборке.

С учётом того, что в базовых моделях постоянно производятся модификации, для тестовой выборки мы используем последние версии модельных результатов.

Сделан анализ информативности признаков, их связь с рассматриваемым явлением.

Разработанная схема прогноза готова к внедрению в технологическую линию краткосрочных прогнозов и к проведению авторских испытаний.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221113000114-0).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.2.

Разработка метода и технологии прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха городов на юге Сибири на 1-3 суток на базе постпроцессинга прогностических гидродинамических полей и построения локальных физико-статистических моделей для оценки градаций параметра Р.

Взятый за основу данной работы параметр Р подходит для прогнозирования соответствующих погодных условий, если удастся так сформировать выборку данных наблюдений, чтобы минимизировать влияние неизбежных нерегулярных промышленных и прочих техногенных выбросов, но оставить суточно-годовую и погодную динамику фоновых концентраций. Поэтому так важно иметь разные площадные точки(посты) наблюдений, которые при совместной обработке сглаживали бы влияние локальных выбросов масштаба километров, а это возможно только в мегаполисах и крупных промышленных центрах. Наборы нескольких примесей также могут обладать сглаживающим эффектом, но не всякие и при достаточности постов. Все это и являлось целью работы в прошедшем году – тщательная подготовка максимально возможного

надежного массива расчетных значений параметра Р для последующего постпроцессинга с выходом на прогноз градаций Р.

В продолжение прошлогодних чисток, стандартных статистических оценок архивов в этом году сначала были получены минимаксные, квантильные и $1.5 \cdot E(q)$ статистики. Анализ показал большую неоднородность данных по самым разным признакам - точности, диапазону, асимметричности и модальности распределения и прочему. Есть и объективные причины - смена технологий отбора и анализа проб, прерывания, исключения и добавление списка наблюдений. Все это не просто усложняет работу, а ставит перед дилеммой - или использовать прерывистые и неоднородные ряды, или урезать выходной объем конечных результатов.

В целом можно констатировать, что выбор для параметра Р порога в виде полуторного среднего дает примерно четверть случаев наблюдений, что выглядит вполне разумно. А анализ квантилей показал наличие расчетных проблем из-за резкой асимметрии и малого разрешения некоторых данных. Использование дробных порогов не выход, придется к таким данным подбирать особые алгоритмы.

Для наглядного представления и анализа результатов временной ход параметра Р нанесен на различные графики масштабов лет, года, отдельных примесей и комплексов (Рис.10 - 15).

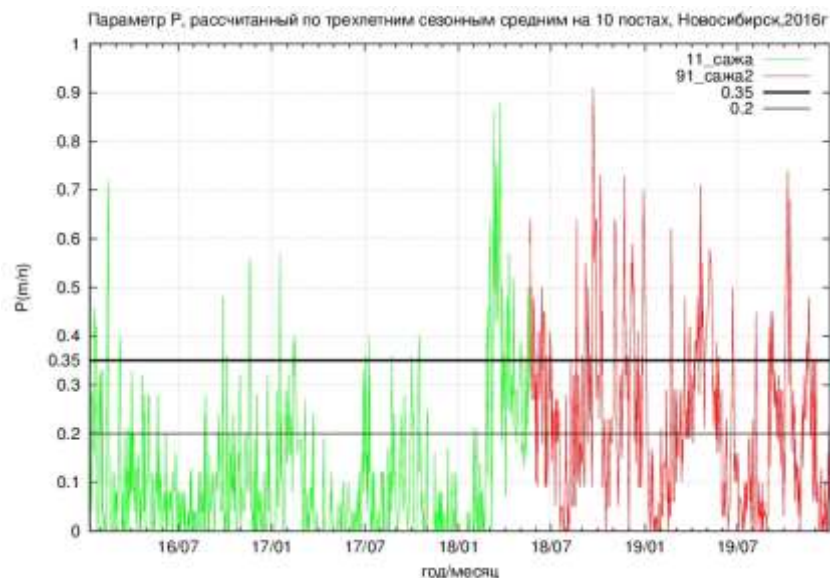


Рисунок 10 - Четырехлетний годовой ход параметра Р по саже (углерод) со сменой технологии отбора весной 2018 г.



Рисунок 11 - Четырехлетний годовой ход параметра P по диоксиду серы

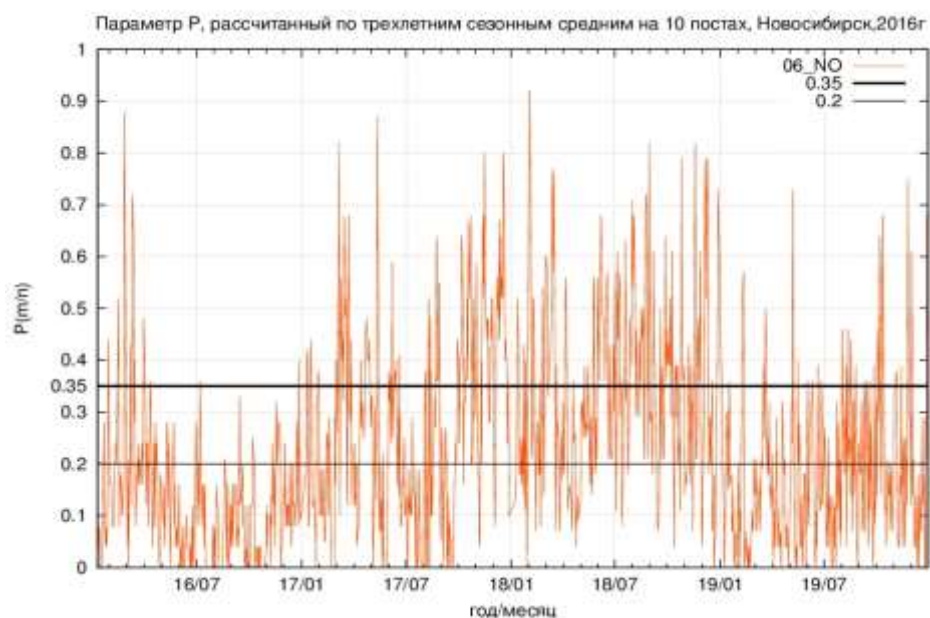


Рисунок 12 - Четырехлетний годовой ход параметра P по оксиду азота

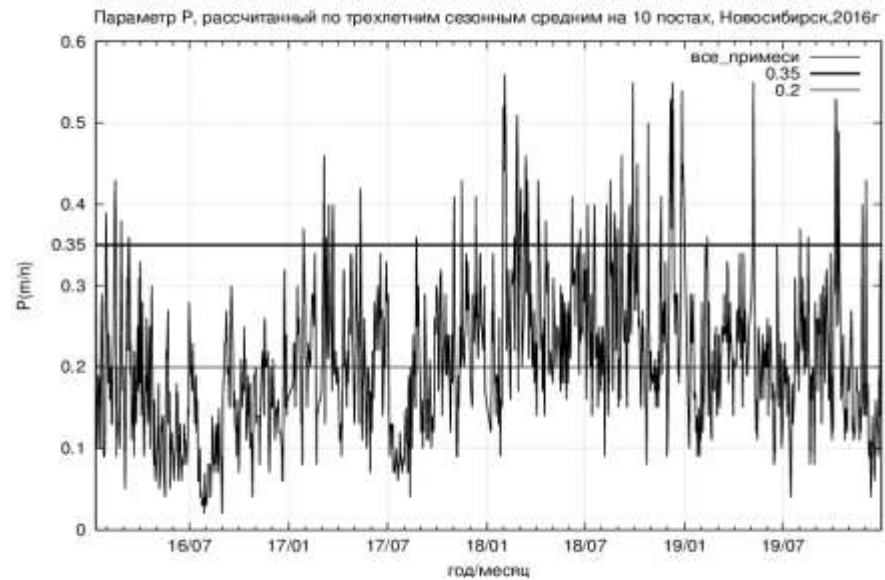


Рисунок 13 - Четырехлетний годовой ход параметра Р по 11 примесям

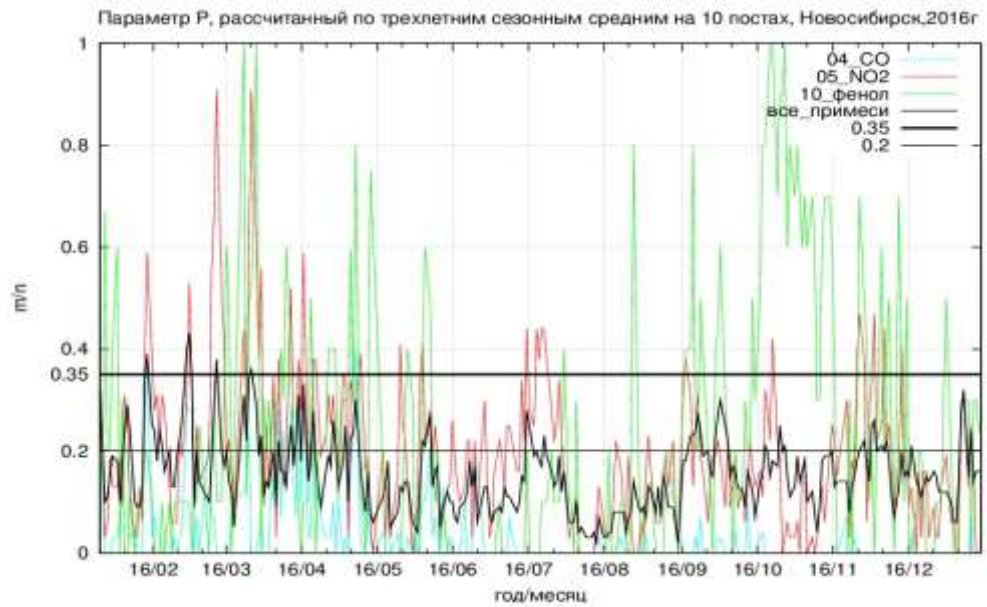


Рисунок 14 - сравнительный годовой ход параметра Р в 2016г по 3-м примесям: оксиду углерода, диоксиду азота, фенолу в сравнении с общим параметром, рассчитанным по 11 примесям

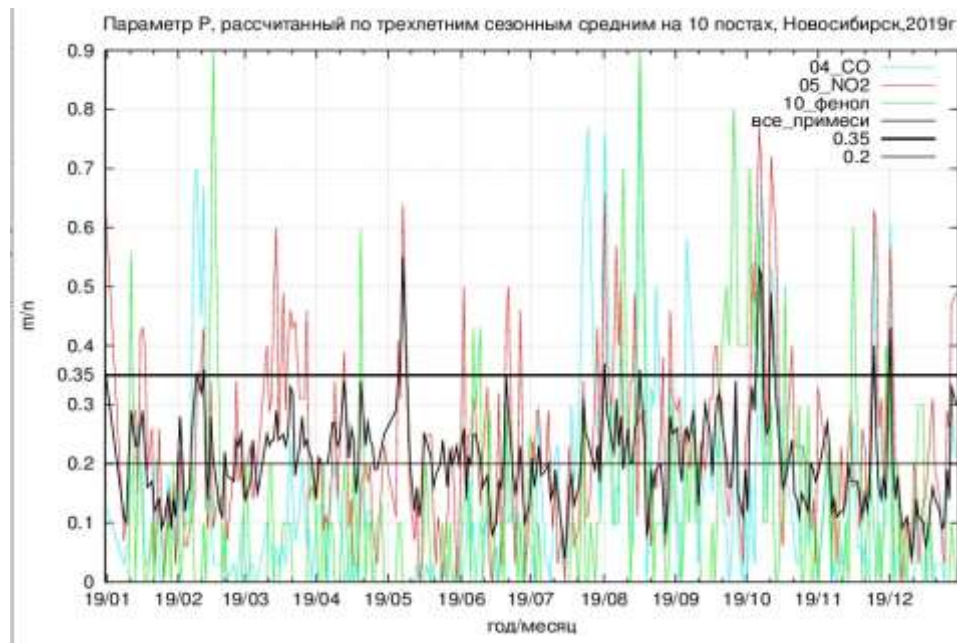


Рисунок 15 - Сравнительный годовой ход параметра Р в 2019 г. по 3-м примесям: оксиду углерода, диоксиду азота, фенолу в сравнении с общим параметром, рассчитанным по 11 примесям

По графикам легче оценить однородность и совместимость рядов различных примесей, потенциальных комплексов и кандидатов на исключение из списка параметра Р. Такая работа начата и еще продолжится уже совместно с синхронными выходными метеорологическими характеристиками прогностических моделей.

Разработанный ГГО параметр фонового загрязнения по городу Р имеет смысл обобщенного показателя, отражающего метеорологические условия рассеивания примесей в атмосфере. Выполненные в 2021 г. по теме расчеты различных вариантов параметра Р (по трехлетиям, годам, сезонам, отдельным примесям и т.п.) показали его чувствительность к качеству и полноте данных наблюдений. Обнаружены принципиально неоднородные ряды со сменой технологии наблюдений, количества постов и сроков.

Использование архивного среднего (среднесезонного) значения для примесей с сильным преобладанием низких или нулевых уровней искажает (большой сдвиг моды, медианы) смысл критического порога в полтора среднего, возможно, в этом случае следует использовать квантильные оценки. Комплексация примесей для обобщения параметра Р не может быть механической и требует более тонкого обоснования в виде синхронного статистического сравнения соответствующих временных рядов.

Для последующего статистического обучения прогнозированию 3-х градаций параметра Р выполнены скользящие расчеты по пяти (2015-2019 гг.) архивным трехлетиям и готовятся синхронные архивы прогностических модельных полей метеорологических характеристик.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221122400172-8).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.3.

Развитие технологии подготовки долгосрочных гидрометеорологических прогнозов по Восточной и Западной Сибири с применением технологии «Кассандра-Сибирь» (гидрограф притока в Новосибирское водохранилище с детализацией по декадам, гидрограф полезного притока в озеро Байкал с детализацией по декадам, прогнозы среднемесячной приземной температуры и месячных сумм осадков с заблаговременностью 3-6 месяцев).

В соответствии с планом работы на 2021 год разрабатывалась методика прогноза притока к Новосибирской ГЭС для 2-го и 3-го кварталов года: средних квартальных значений притока на очередной квартал к моменту его начала с детализацией такого прогноза по средним месячным значениям притока; месячных прогнозов притока.

При разработке методики использовался физико-статистический подход к моделированию. Для решения задачи использовалась компьютерная программа «Стохастическое моделирование», предоставляющая обширный набор инструментов, предназначенных для формулировки и проверки гипотез о взаимосвязи переменных, а также для поиска и аппроксимации неизвестных эмпирических зависимостей, с помощью которого и будут строиться искомые физико-статистические модели.

Основная физическая гипотеза, которая использовалась при построении физико-статистических моделей, предназначенных для прогнозирования притока к створу Новосибирской ГЭС на месяц или квартал вперед, заключается в следующем. Предсказываемое значение этого притока зависит от наблюдавшихся на водосборе Новосибирского водохранилища в предшествующий началу прогнозного интервала год значений самого притока и других гидрометеорологических характеристик. В рамках этого утверждения и на основе всех переменных, описанных в исходных данных, для декадного, месячного или квартального притока формируется список его возможных предикторов (или аргументов). Полагается, что каждый из этих предикторов может в той или иной мере отражать влияние основных факторов, формирующих изменчивость прогнозируемого притока.

С учетом названных особенностей при организации процедуры выбора предикторов притока к ГЭС необходимо предусмотреть выполнение условий или действий, выполнение которых уменьшает вероятность случайного выбора ложных или малозначимых аргументов зависимой переменной. В качестве таких условий или действий в программе «Стохастическое моделирование» предусматривается: использование непараметрического

оператора локальной линейной экстраполяции при прямом подборе рекомендуемых предикторов из заданного пользователем их первичного избыточного списка; учет меры доверия к рекомендуемой комбинации предикторов в процессе или после окончания процедуры их выбора; применение различных алгоритмов выбора рекомендуемой комбинации предикторов, повышающих меру доверия к результату этой операции.

Различные способы и пути поиска и формирования рекомендуемой для применения в прогностической модели комбинации предикторов с помощью программы «Стохастическое моделирование» пояснены схемой, показанной на рис.16.

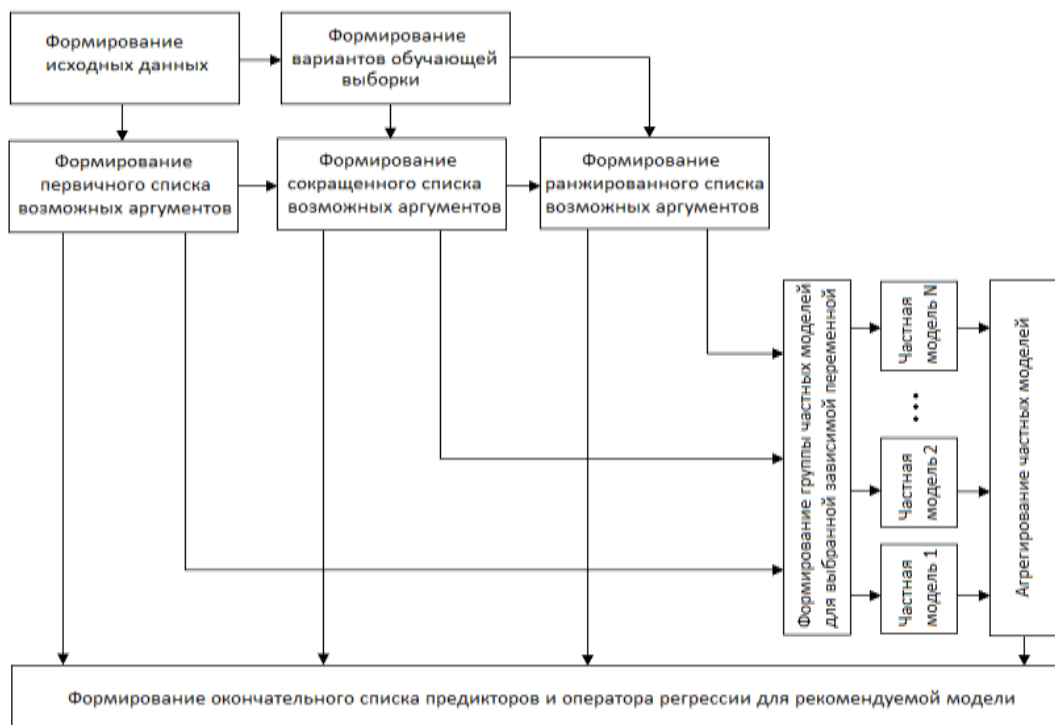


Рисунок 16 - Основные пути построения рекомендуемой для использования модели, реализованные в программе «Стохастическое моделирование»

В соответствии с поставленной задачей и выбранным подходом к ее решению, а также исходя из общих теоретических представлений о формировании стока, замыкаемого выбранным створом реки, в качестве возможных предикторов притока к Новосибирской ГЭС были выбраны гидрометеорологические параметры, характеризующие состояние соответствующей части водосбора Оби. В перечень таких параметров были включены температуры приземного воздуха и суммы осадков, измеренные на 17 метеостанциях, максимальные запасы воды в снеге на разных частях водосбора, замыкаемого створом Новосибирской ГЭС, расходы воды в отдельных створах Оби и ее притоков. Сведения о значениях этих параметров, накапливаемые системе «Кассандра-Сибирь», были использованы для информационного обеспечения рассматриваемой задачи. Также

полагалось, что возможное воздействие на приток других возможных факторов осуществляется опосредованно через влияние на эти предикторы.

Для решения поставленной задачи была подготовлена таблица описаний 518 месячных и квартальных переменных и таблица имеющихся оценок их значений в период с 1900 по 2020 год, записанные в формате файлов, предназначенных для программы «Стохастическое моделирование». Использовались для построения и проверки моделей только материалы на интервале с 1967 по 2020 г, так как только на нем имелись необходимые сведения по притоку к Новосибирской ГЭС. Понятно, что отдельные значения ряда переменных отсутствуют в исходных материалах и на данном интервале времени, но это не является препятствием для применения выбранных для решения задачи методов моделирования.

Для того чтобы лучше ориентироваться в возможностях прогнозирования притока к Новосибирской ГЭС, был выполнен предварительный анализ сезонной и межгодовой изменчивости значений данной характеристики. Результаты этого анализа представлены далее.

Самый первый шаг такого исследования – это оценка соотношения межгодовой и сезонной изменчивости притока к Новосибирской ГЭС. На рисунке 17 показаны графики параметров, характеризующих эти два вида изменчивости притока, позволяющие визуально оценить их взаимное соотношение. В среднем по всем месяцам и годам отношение стандартных отклонений, характеризующих, соответственно, межгодовую и сезонную изменчивость притока к ГЭС, составляет величину 0.29.

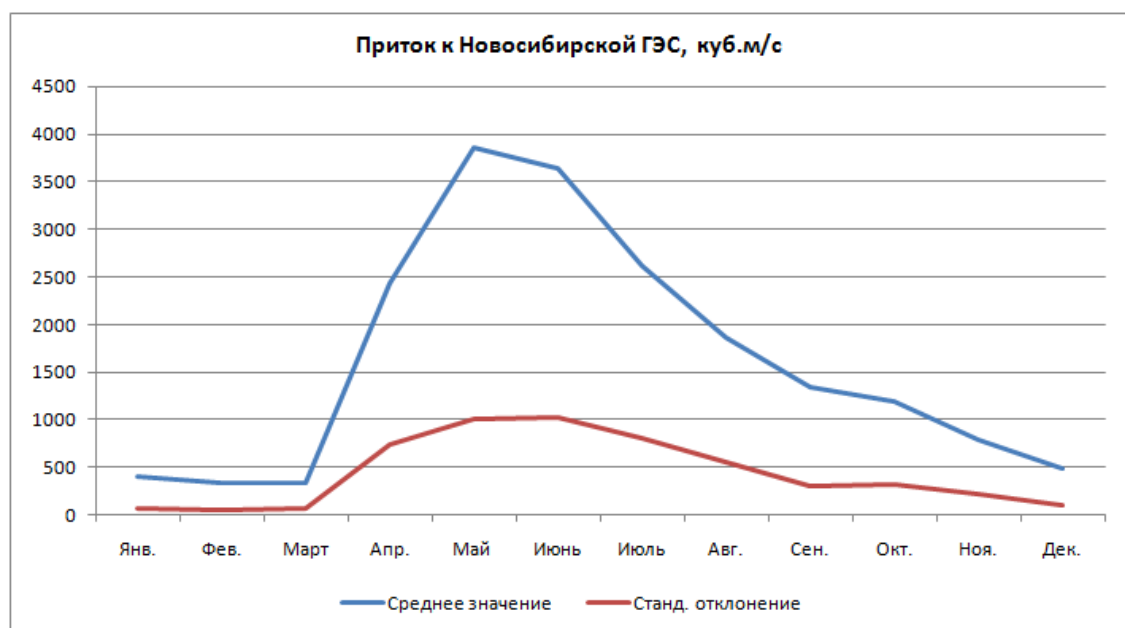


Рисунок 17 - Сезонная изменчивость среднего многолетнего значения и стандартного отклонения притока к Новосибирской ГЭС

Простейшей моделью, описывающей изменения статистических характеристик притока во времени, является его тренд, отражающий поведение локального среднего значения временного ряда. На рисунках 18 и 19 показаны развертки во времени квартальных значений притока и их тренды, аппроксимированные полиномами второй степени. Анализ этих рисунков позволяет предположить возрастание среднего притока к Новосибирской ГЭС холодное время (1 –й и 4-й кварталы) года. Во втором квартале на интервале наблюдений такой тренд меняет знак, а в третьем квартале сколько-нибудь выраженного тренда не отмечается.

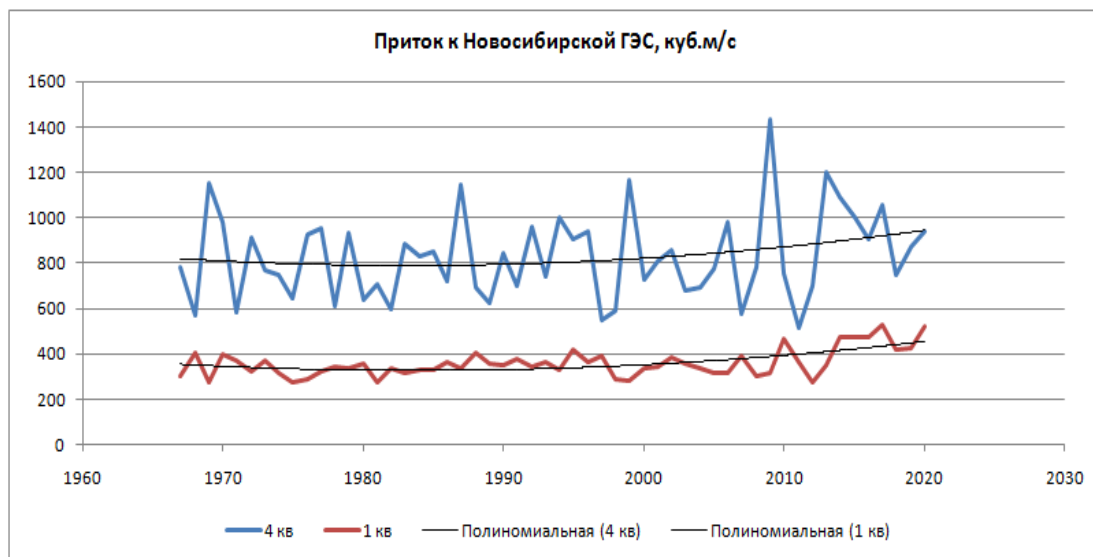


Рисунок 18 - Тренды квартального притока в холодное время года

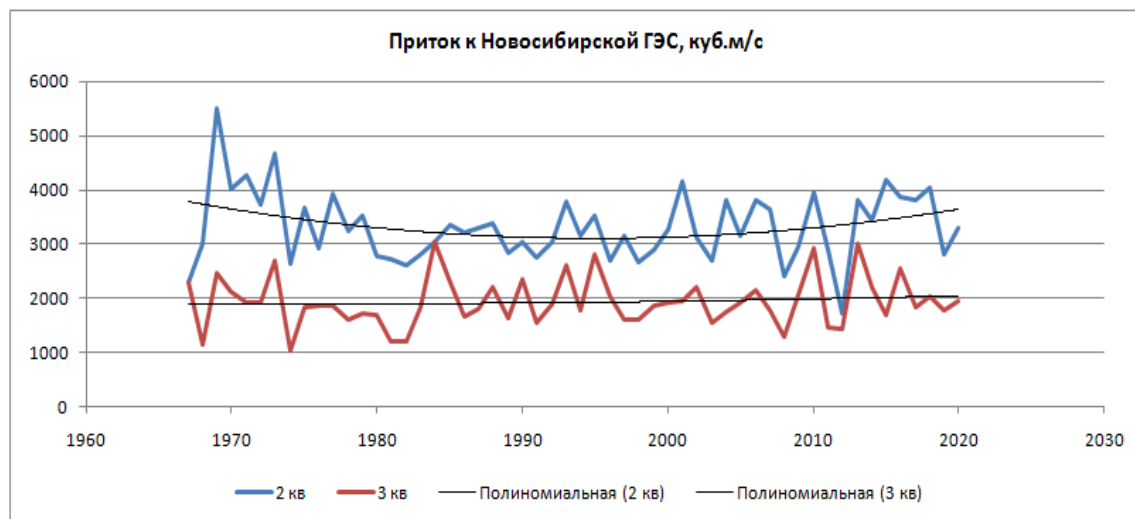


Рисунок 19 - Тренды квартального притока в теплое время года

Если построить тренды и для месячных притоков, то по результатам такой работы можно сказать, что сколько-нибудь заметные тренды наблюдаются в период с ноября по апрель. За исключением первого квартала года тренды месячного притока к Новосибирской ГЭС статистически незначимы, что проявляется в значениях отношения $s/\sigma \approx 1$ для моделей трендов в соответствующие месяцы (смотри таблицу 2).

Таблица 2 - Параметры, характеризующие точность аппроксимации месячного притока к Новосибирской ГЭС моделями полиномиальных трендов на временном интервале 1967-2020 гг.

| Параметр | Янв | Фев | Мар | Апр | Ма | Июн | Июл | Авг | Сен | Окт | Ноя | Дек |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| s | 65 | 47 | 61 | 702 | 990 | 1042 | 818 | 566 | 312 | 331 | 219 | 103 |
| s/σ | 0.86 | 0.84 | 0.85 | 0.96 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 0.96 | 0.94 |

Обозначения: σ – стандартное отклонение межгодовой изменчивости месячных значений;
s – среднеквадратичное отклонение от тренда для месячного притока

С учетом значимости трендов притока их модели можно пытаться использовать для прогноза тенденции его изменения притока на 1-2 годовых шага вперед только в первом квартале года. Но увеличение точности прогноза по таким трендовым моделям по сравнению с климатической моделью будет незначительным.

Из анализа оценок предельных возможностей по точности предсказания месячного притока к ГЭС было показано, что отношение контрольной ошибки прогноза к ошибке аппроксимации обучающей выборки в первые три месяца года в среднем составляет величину 2.5, а среднее значение этого параметра в остальные месяцы несколько меньше единицы. Эти оценки свидетельствуют в пользу предположения о возможном изменении в последнее время механизма формирования притока к Новосибирской ГЭС, которое наиболее отчетливо проявляется в первом квартале года. Это обстоятельство следует принимать во внимание при выборе алгоритмов построения прогностических моделей и интерпретации его результатов.

Для дальнейшего уточнения математической структуры и других характеристик моделей, рекомендуемых для прогнозирования квартального притока, было рассмотрено четыре варианта алгоритмов их построения. Каждый такой алгоритм приводит к формально разным моделям, но все они так или иначе аппроксимируют искомые прогностические зависимости, информация о которых содержится в исходных данных.

Алгоритм 1 (классическая схема). Разделение данных на обучающую (1967-2015 гг.) и контрольную (2016-2020 гг.) выборки. Построение моделей по данным за 1967-2015 гг. с использованием оператора локальной линейной аппроксимации и прямым выбором предикторов из полного их исходного списка. Проверка построенных моделей на независимых данных за 2016-2020 гг.

Алгоритм 2. Разделение данных на обучающую (1967-2015 гг.) и контрольную (2016-2020 гг.) выборки. Предварительное сжатие исходного списка путем выбора 21 более вероятного предиктора с использованием данных за 1967-2015 г. Выбор из сжатого списка рекомендуемой их комбинации с использованием обучающей выборки. Подбор на этой же

выборке аппроксимирующего оператора регрессии без изменения списка предикторов в модели. Проверка построенных моделей на независимых данных за 2016-2020 гг.

Алгоритм 3. Предварительное сжатие исходного списка, путем выбора более существенных предикторов по полным данным за 1967-2020 гг. Разделение данных на две выборки: за 1967-2015 гг. и за 2016-2020 гг. Построение моделей с использованием данных за 1967-2015 гг., сжатого списка возможных предикторов и технологии двухуровневого моделирования. Проверка моделей второго уровня на условно - независимых данных за 2016-2020 гг. Выборка за 2016-2020 гг. в данной ситуации считается условно – независимой, так она в составе полных данных участвовала в формировании предварительного сжатого списка возможных предикторов, но не участвовала в определении окончательной структуры рекомендуемых моделей.

Алгоритм 4 (аппроксимация зависимости без проверки на контрольных данных). Построение прогностических моделей по полной выборке за 1967-2020 гг. с использованием оператора локальной линейной аппроксимации и прямым выбором предикторов. Сравнение (без какого-то изменения характеристик построенных моделей) параметров их точности аппроксимации данных на выборках за 1967-2015 гг. и за 2016-2020 гг. В этом случае выборка данных за 2016-2020 гг. и рекомендуемая модель связаны между собой наиболее сильно. Такая связь обусловлена тем, что эта выборка, составляющая примерно 1/10 часть выборки полной за 1967-2020 гг., участвовала в определении всех характеристик рекомендуемых моделей.

Графическая иллюстрация показывает точность аппроксимации и прогноза квартального притока к Новосибирской ГЭС разными моделями в разные кварталы года показана на приведенных ниже рисунках 20-22.

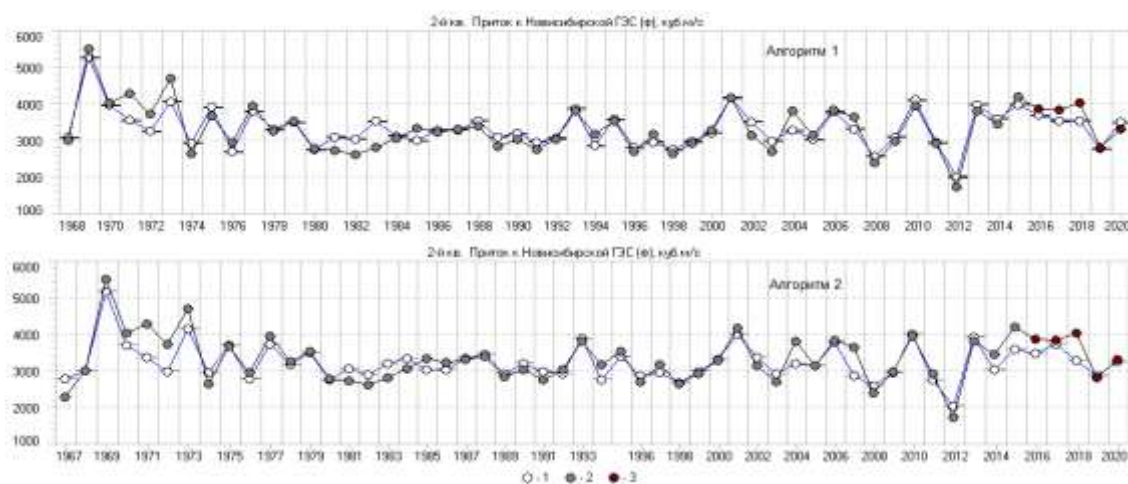


Рисунок 20 - Аппроксимация и прогноз притока во втором квартале по моделям, построенным по алгоритмам 1 и 2. Обозначения: 1 – математическое ожидание модельной оценки, 2,3 - фактические значения (2 – обучающая выборка, 3 – контрольная выборка).

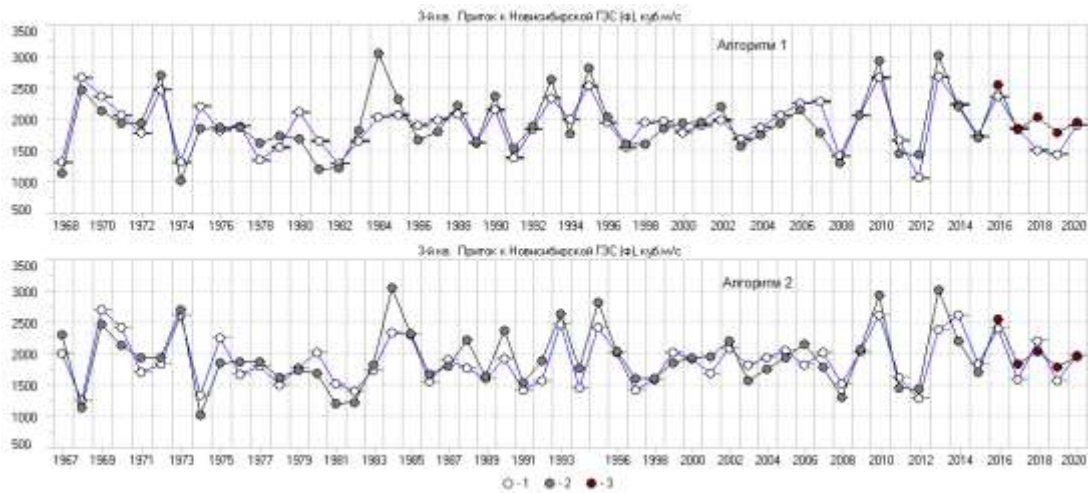


Рисунок 21 - Аппроксимация и прогноз притока в третьем квартале по моделям, построенным по алгоритмам 1 и 2. Обозначения: 1 – математическое ожидание модельной оценки, 2,3 - фактические значения (2 – обучающая выборка, 3 – контрольная выборка)

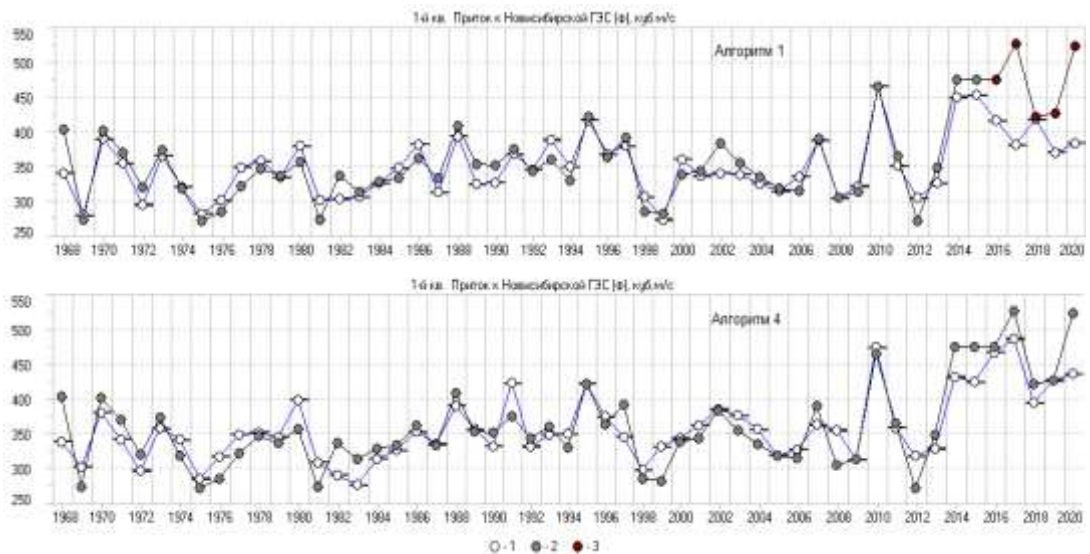


Рисунок 22 - Аппроксимация и прогноз притока в 1-м квартале по моделям, построенным по алгоритмам 1 и 4. Обозначения: 1 – математическое ожидание модельной оценки, 2,3 - фактические значения (2 – обучающая выборка, 3 – контрольная выборка)

Ряд параметров, характеризующих использованные для построения моделей исходные данные и результаты такого построения в каждом из этих четырех вариантов, использованных для этого алгоритмов, представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Параметры, характеризующие точность предсказания квартального притока, вычисленные с использованием моделей, построенных по различным алгоритмам

| Квартал | σ | $s1$ | $s2$ | $s2/s1$ | $s1/\sigma$ | $s2/\sigma$ |
|--|----------|------|-------|---------|-------------|-------------|
| 1-й вариант моделей | | | | | | |
| 1 | 49 | 20 | 97 | 4.85 | 0.41 | 1.98 |
| 2 | 660 | 273 | 284 | 1.04 | 0.41 | 0.43 |
| 3 | 472 | 262 | 294 | 1.12 | 0.56 | 0.62 |
| 4 | 197 | 121 | 142 | 1.17 | 0.61 | 0.72 |
| Среднее по четырем кварталам | | | | | 0.50 | 0.94 |
| Среднее по трем кварталам (2-й, 3-й и 4-й) | | | | | 0.53 | 0.59 |
| 2-й вариант моделей | | | | | | |
| 1 | 49 | 22.9 | 111.6 | 4.87 | 0.47 | 2.28 |
| 2 | 660 | 305 | 303 | 0.99 | 0.46 | 0.46 |
| 3 | 472 | 268 | 168 | 0.63 | 0.57 | 0.36 |
| 4 | 197 | 109 | 162 | 1.49 | 0.55 | 0.82 |
| Среднее по четырем кварталам | | | | | 0.51 | 0.98 |
| Среднее по трем кварталам (2-й, 3-й и 4-й) | | | | | 0.53 | 0.55 |
| 3-й вариант моделей | | | | | | |
| 1 | 49 | 23 | 67 | 2.91 | 0.47 | 1.37 |
| 2 | 660 | 288 | 312 | 1.08 | 0.44 | 0.47 |
| 3 | 472 | 285 | 187 | 0.66 | 0.60 | 0.40 |
| 4 | 197 | 119 | 119 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| Среднее по четырем кварталам | | | | | 0.53 | 0.71 |
| Среднее по трем кварталам (2-й, 3-й и 4-й) | | | | | 0.55 | 0.49 |
| 4-й вариант моделей | | | | | | |
| 1 | 61 | 27.4 | 44.5 | 1.62 | 0.45 | 0.73 |
| 2 | 648 | 307 | 246 | 0.80 | 0.47 | 0.38 |
| 3 | 458 | 284 | 187 | 0.66 | 0.62 | 0.41 |
| 4 | 192 | 132 | 117 | 0.89 | 0.69 | 0.61 |
| Среднее по четырем кварталам | | | | | 0.56 | 0.53 |
| Среднее по трем кварталам (2-й, 3-й и 4-й) | | | | | 0.59 | 0.47 |

Обозначения: σ – стандартное отклонение обучающей выборки (m^3/c); $s1$ – среднеквадратичная ошибка аппроксимации обучающей выборки (m^3/c); $s2$ – среднеквадратичная ошибка аппроксимации контрольной (или условно - контрольной) выборки (m^3/c).

Далее рассматриваются модели, предназначенные для прогнозирования месячного притока. Ниже приведены примеры графиков, иллюстрирующих точность аппроксимации притока на очередной месяц в разные месяцы года (рис. 23).

Таблица 4 - Оценка средней точности прогноза на контрольной выборке за 2016-2020 гг. с разной заблаговременностью (0, 1 и 2 месяца) по соответствующим моделям месячного притока

| | Модель для прогноза с заблаговременностью 0 месяцев | Модель для прогноза с заблаговременностью 1 месяц | Модель для прогноза с заблаговременностью 2 месяца |
|---------------------------|---|---|--|
| Месяц | s0/σ | s1/σ | s2/σ |
| Январь | 1.110 | 1.150 | 1.870 |
| Февраль | 0.781 | 0.854 | 0.907 |
| Март | 1.560 | 1.360 | 1.450 |
| Апрель | 0.549 | 0.633 | 0.534 |
| Май | 0.688 | 0.502 | 0.679 |
| Июнь | 0.442 | 0.536 | 0.576 |
| Июль | 0.261 | 0.484 | 0.506 |
| Август | 0.229 | 0.395 | 0.562 |
| Сентябрь | 0.718 | 1.030 | 0.870 |
| Октябрь | 0.574 | 0.916 | 0.931 |
| Ноябрь | 0.425 | 0.601 | 0.713 |
| Декабрь | 0.582 | 0.634 | 0.615 |
| Среднее за год | 0.660 | 0.758 | 0.851 |
| Среднее за январь-март | 1.150 | 1.121 | 1.409 |
| Среднее за апрель-декабрь | 0.496 | 0.637 | 0.665 |

Обозначения: σ – стандартное отклонение соответствующего месячного значения притока на обучающей выборке ($\text{м}^3/\text{с}$): s_0, s_1, s_2 – среднеквадратичная ошибка аппроксимации месячного притока математическим ожиданием его прогностической оценки на контрольной выборке ($\text{м}^3/\text{с}$).

Таблица 5 - Оценка средней точности прогноза на контрольной выборке за 2016-2020 гг. с разной заблаговременностью (0, 1 и 2 месяца) по соответствующим моделям месячного притока

| | Модель для прогноза с заблаговременностью 0 месяцев | Модель для прогноза с заблаговременностью 1 месяц | Модель для прогноза с заблаговременностью 2 месяца |
|---------------------------|---|---|--|
| Месяц | s0/σ | s1/σ | s2/σ |
| Январь | 1.110 | 1.150 | 1.870 |
| Февраль | 0.781 | 0.854 | 0.907 |
| Март | 1.560 | 1.360 | 1.450 |
| Апрель | 0.549 | 0.633 | 0.534 |
| Май | 0.688 | 0.502 | 0.679 |
| Июнь | 0.442 | 0.536 | 0.576 |
| Июль | 0.261 | 0.484 | 0.506 |
| Август | 0.229 | 0.395 | 0.562 |
| Сентябрь | 0.718 | 1.030 | 0.870 |
| Октябрь | 0.574 | 0.916 | 0.931 |
| Ноябрь | 0.425 | 0.601 | 0.713 |
| Декабрь | 0.582 | 0.634 | 0.615 |
| Среднее за год | 0.660 | 0.758 | 0.851 |
| Среднее за январь-март | 1.150 | 1.121 | 1.409 |
| Среднее за апрель-декабрь | 0.496 | 0.637 | 0.665 |

Обозначения: σ – стандартное отклонение соответствующего месячного значения притока на обучающей выборке ($\text{м}^3/\text{с}$): s_0 , s_1 , s_2 – среднеквадратичная ошибка аппроксимации месячного притока математическим ожиданием его прогностической оценки на контрольной выборке ($\text{м}^3/\text{с}$).

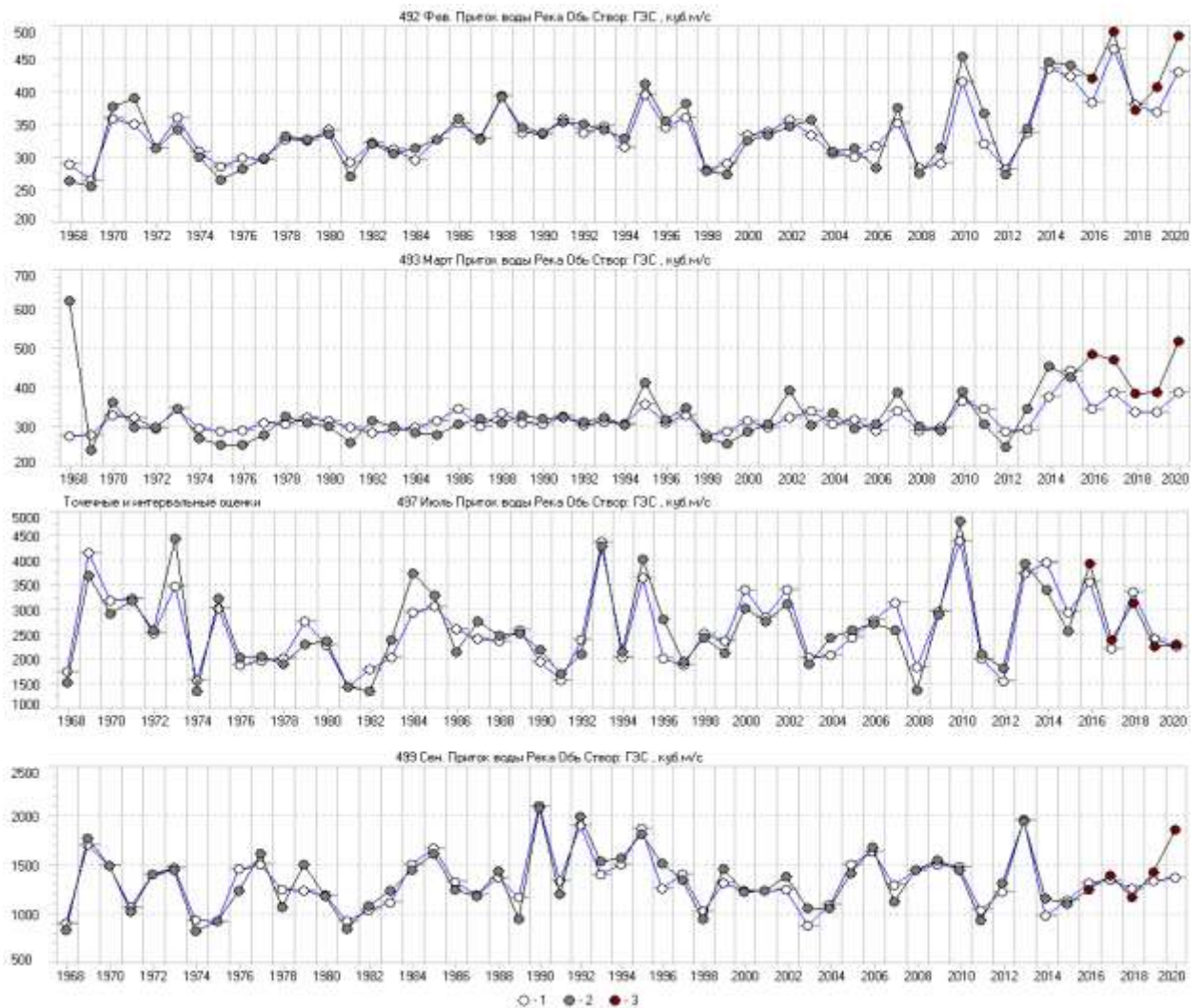


Рисунок 23 - Примеры аппроксимации и прогноза притока на очередной месяц по моделям с нулевой заблаговременностью. Обозначения: 1 – математическое ожидание модельной оценки, 2,3 – фактические значения (2 – обучающая выборка, 3 – контрольная выборка).

Сделаем несколько комментариев к приведенным на рис. 23 графикам. Систематическое превышение фактических оценок над модельными оценками на контрольной выборке (2016-2020 гг.) в феврале и марте, отражает возможное изменение в последнее время значимости предикторов формирования притока к ГЭС в первом квартале, которое не выявляется по данным ранее 2016 года. Аномальное отклонение фактической оценки от ее модельного аналога для мартовского притока в 1967 году связано, скорей всего, с необнаруженным на этапе проверки данных ошибочным значением этой переменной. Отсутствие в этот год данных о значениях четырех из пяти предикторов, используемых в этой модели, может также увеличивать наблюдаемое расхождение оценок притока. Объяснение большого отклонения сентябрьского притока от его модельной оценки в 2020 году требует дополнительного анализа.

Таблица 6 - Сравнительные оценки ошибки модельной аппроксимации декадного притока к Новосибирской ГЭС на обучающей выборке (1974-2020 гг.) и ожидаемой ошибки прогноза

| Месяц | Декада | S/σ | $S_{ож}/\sigma$ | $S_{ож}/S$ |
|---|--------|------------|-----------------|------------|
| 4 | 1 | 0.442 | 0.556 | 1.26 |
| 4 | 2 | 0.581 | 0.647 | 1.11 |
| 4 | 3 | 0.706 | 0.790 | 1.12 |
| 5 | 1 | 0.381 | 0.461 | 1.21 |
| 5 | 2 | 0.610 | 0.709 | 1.16 |
| 5 | 3 | 0.722 | 0.799 | 1.11 |
| 6 | 1 | 0.363 | 0.470 | 1.29 |
| 6 | 2 | 0.518 | 0.610 | 1.18 |
| 6 | 3 | 0.504 | 0.607 | 1.20 |
| 7 | 1 | 0.195 | 0.330 | 1.69 |
| 7 | 2 | 0.425 | 0.514 | 1.21 |
| 7 | 3 | 0.539 | 0.643 | 1.19 |
| 8 | 1 | 0.354 | 0.499 | 1.41 |
| 8 | 2 | 0.546 | 0.680 | 1.25 |
| 8 | 3 | 0.668 | 0.809 | 1.21 |
| 9 | 1 | 0.405 | 0.500 | 1.23 |
| 9 | 2 | 0.480 | 0.602 | 1.25 |
| 9 | 3 | 0.614 | 0.698 | 1.14 |
| Средние по группе моделей значения параметров | | | | |
| 4-9 | 1 | 0.357 | 0.469 | 1.350 |
| 4-9 | 2 | 0.527 | 0.627 | 1.194 |
| 4-9 | 3 | 0.625 | 0.724 | 1.162 |
| 4-9 | 1-3 | 0.503 | 0.607 | 1.235 |

Обозначения S , σ , $S_{ож}$ - по смыслу те же параметры, что и в таблице 10, но определенные с использованием выборки данных за 1974-2020 гг.

Если при составлении реального прогноза в все значения предикторов будут заданы достаточно точно и не будут существенно выходить за область их изменчивости в прошлом, то фактическая ошибка ($S1_{ф}/\sigma$ или $S2_{ф}/\sigma$), в среднем, будет примерно соответствовать оценке $S_{ож}/\sigma$.

При выполнении второй части работы исходные данные были дополнены оценками декадных значений расходов в различных створах русловой сети бассейна Оби. Оценки декадных расходов Оби и ее притоков в створах, расположенных выше створа плотины Новосибирской ГЭС, могут быть использованы для коррекции моделей месячного притока к ГЭС. Подобная операция в первую очередь будет целесообразна для моделей, предназначенных для его прогноза на очередной месяц (т.е. с нулевой заблаговременностью). Такая коррекция может улучшить качество прогноза этого притока, за счет того, что взаимосвязь между более близкими и более детализированными по времени характеристиками стока может быть более сильной. Чтобы более корректно

сравнить модели месячного притока, построенные с использованием и без использования данных о декадных значениях русловых расходов, применим для решения этой задачи один и тот же алгоритм. Модели будем строить на полной доступной выборке данных за период с 1967 по 2020 гг. Параметры качества таких двух групп моделей, построенных описанным образом, приведены в таблице 6.

Таблица 7 - Характеристики качества моделей прогноза среднего притока к ГЭС на очередной месяц, построенные с использованием различных исходных списков возможных предикторов

| Месяц | Используются только данные с месячным разрешением | | | Данные дополнены декадными значениями расходов | | |
|-------|--|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
| | <i>M1</i> | <i>M2</i> | <i>M3</i> | <i>M1</i> | <i>M2</i> | <i>M3</i> |
| 1 | 1 | 0.915 | 0.881 | 1 | 0.925 | 0.899 |
| 2 | 1 | 0.93 | 0.901 | 1 | 0.93 | 0.901 |
| 3 | 1 | 0.926 | 0.721 | 1 | 0.828 | 0.772 |
| 4 | 1 | 0.905 | 0.616 | 1 | 0.905 | 0.616 |
| 5 | 1 | 0.822 | 0.679 | 1 | 0.9 | 0.756 |
| 6 | 1 | 0.91 | 0.796 | 1 | 0.932 | 0.849 |
| 7 | 1 | 0.93 | 0.828 | 1 | 0.947 | 0.887 |
| 8 | 1 | 0.9 | 0.641 | 1 | 0.933 | 0.718 |
| 9 | 1 | 0.83 | 0.682 | 1 | 0.844 | 0.769 |
| 10 | 1 | 0.93 | 0.617 | 1 | 0.924 | 0.733 |
| 11 | 1 | 0.803 | 0.715 | 1 | 0.861 | 0.729 |
| 12 | 1 | 0.93 | 0.749 | 1 | 0.911 | 0.776 |
| | Средние по группе моделей значения параметров | | | | | |
| 1-12 | 1 | 0.894 | 0.735 | 1 | 0.903 | 0.784 |
| 5-10 | 1 | 0.887 | 0.707 | 1 | 0.913 | 0.785 |

Обозначения: *M1* – мера доверия к предикторам, *M2* - мера доверия к оператору регрессии *M3* - мера точности аппроксимации обучающей выборки

При сравнении значений *M2* и *M3* в левой и правой частях таблицы 6 можно видеть, что модели формирования месячного притока, построенные с использованием декадных данных о расходах, получаются более точными и надежными. Это позволяет ожидать и большую точность расчетов при их применении для прогноза, ожидаемая ошибка которого уменьшается в среднем примерно на 10%.

Далее строились модели, предназначенные для подекадной детализации прогноза притока на очередной месяц. Оценки параметров *M1* и *M2*, характеризующих надежность моделей, определенные в процессе их построения, приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 7.1 Параметры надежности моделей для прогнозирования декадного притока

| Месяц | Декада | Мера $M1$ | | | | Мера $M2$ | |
|--|--------|---------------|-------|----------------|-------|-----------|-------|
| | | Нижняя оценка | | Верхняя оценка | | | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.94 | 0.892 |
| 4 | 2 | 0.995 | 0.999 | 1 | 1 | 0.839 | 0.841 |
| 4 | 3 | 0 | 0.79 | 0.999 | 0.998 | 0.827 | 0.847 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.93 | 0.921 |
| 5 | 2 | 0.99 | 0.99 | 1 | 1 | 0.827 | 0.924 |
| 5 | 3 | 0.18 | 0.35 | 0.987 | 0.98 | 0.851 | 0.816 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.91 | 0.898 |
| 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.91 | 0.906 |
| 6 | 3 | 0.999 | 1 | 1 | 1 | 0.862 | 0.873 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.937 | 0.947 |
| 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.927 | 0.943 |
| 7 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.933 | 0.929 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.93 | 0.932 |
| 8 | 2 | 0.75 | 0.999 | 1 | 1 | 0.9 | 0.91 |
| 8 | 3 | 0.36 | 0.87 | 0.999 | 0.998 | 0.807 | 0.831 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.93 | 0.93 |
| 9 | 2 | 0.98 | 1 | 1 | 1 | 0.892 | 0.881 |
| 9 | 3 | 0.29 | 0.97 | 1 | 1 | 0.835 | 0.864 |
| Средние по множеству моделей значения параметров их надежности | | | | | | | |
| 4-9 | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.930 | 0.920 |
| 4-9 | 2 | 0.953 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.883 | 0.901 |
| 4-9 | 3 | 0.472 | 0.830 | 0.998 | 0.996 | 0.853 | 0.860 |
| 4-9 | 1-3 | 0.808 | 0.943 | 0.999 | 0.999 | 0.888 | 0.894 |

Таблица 7.2 - Характеристики аппроксимации притока к ГЭС на обучающей выборке и ожидаемой и фактической точности его тестового прогноза на контрольной выборке

| Месяц | Декада | Обучающая выборка | | | $S_{ож}/\sigma$ | Контрольная выборка | | | |
|-------|--------|---|-------|------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | $M1$ | $M2$ | S/σ | | $S1_{ф}/\sigma$ | $S2_{ф}/\sigma$ | $S1_{ф}/S1_{р}$ | $S2_{ф}/S2_{р}$ |
| 4 | 1 | 1 | 0.888 | 0.465 | 0.627 | 1.09 | 1.04 | 2.34 | 1.4 |
| 4 | 2 | 1 | 0.849 | 0.642 | 0.707 | 0.8 | 0.526 | 0.52 | 0.53 |
| 4 | 3 | 0.999 | 0.812 | 0.656 | 0.729 | 0.65 | 0.635 | 0.98 | 0.7 |
| 5 | 1 | 1 | 0.91 | 0.396 | 0.494 | 0.573 | 0.582 | 1.25 | 0.91 |
| 5 | 2 | 0.999 | 0.92 | 0.615 | 0.711 | 0.757 | 0.629 | 1.22 | 0.66 |
| 5 | 3 | 0.983 | 0.811 | 0.699 | 0.79 | 1.3 | 1.18 | 1.85 | 1.11 |
| 6 | 1 | 1 | 0.933 | 0.35 | 0.425 | 0.745 | 0.766 | 2.13 | 2.26 |
| 6 | 2 | 1 | 0.903 | 0.482 | 0.575 | 0.824 | 0.721 | 1.7 | 1.5 |
| 6 | 3 | 1 | 0.874 | 0.514 | 0.595 | 0.383 | 0.47 | 0.75 | 0.64 |
| 7 | 1 | 1 | 0.938 | 0.26 | 0.371 | 0.392 | 0.428 | 2.23 | 1.63 |
| 7 | 2 | 1 | 0.933 | 0.422 | 0.496 | 0.687 | 0.694 | 1.64 | 1.7 |
| 7 | 3 | 1 | 0.925 | 0.485 | 0.576 | 0.812 | 0.885 | 1.67 | 1.17 |
| 8 | 1 | 1 | 0.919 | 0.369 | 0.472 | 0.468 | 0.384 | 1.28 | 0.62 |
| 8 | 2 | 1 | 0.894 | 0.496 | 0.638 | 0.579 | 0.747 | 1.16 | 1.25 |
| 8 | 3 | 0.999 | 0.836 | 0.627 | 0.782 | 0.418 | 0.489 | 0.66 | 0.55 |
| 9 | 1 | 1 | 0.93 | 0.377 | 0.462 | 0.944 | 0.82 | 2.56 | 1.21 |
| 9 | 2 | 1 | 0.885 | 0.485 | 0.589 | 0.352 | 0.37 | 0.74 | 0.48 |
| 9 | 3 | 1 | 0.858 | 0.587 | 0.68 | 0.617 | 0.619 | 1.04 | 0.48 |
| | | Средние по группе моделей значения параметров | | | | | | | |
| 4-9 | 1 | 1.000 | 0.920 | 0.370 | 0.475 | 0.702 | 0.670 | 1.965 | 1.338 |
| 4-9 | 2 | 1.000 | 0.897 | 0.524 | 0.619 | 0.667 | 0.615 | 1.163 | 1.020 |
| 4-9 | 3 | 0.997 | 0.853 | 0.595 | 0.692 | 0.697 | 0.713 | 1.158 | 0.775 |
| 4-9 | 1-3 | 0.999 | 0.890 | 0.496 | 0.596 | 0.688 | 0.666 | 1.429 | 1.044 |

Обозначения: $M1$, $M2$, S , σ –то же, что и в таблицах 8 и 9; $S_{ож}$ - нижняя оценка ожидаемой среднеквадратичной ошибки прогностического расчета, определенная по результатам построения модели с использованием только обучающей выборки; $S1_{р}$ и $S2_{р}$ – ожидаемые среднеквадратичные ошибки прогноза, рассчитанные по двум разным методам формирования модельной прогностической оценки на контрольной выборке; $S1_{ф}$ и $S2_{ф}$ – фактические среднеквадратичные ошибки контрольного прогноза для двух названных методов.

Оценки минимальной ожидаемой ошибки прогноза ($S_{ож}/\sigma$) для моделей, рекомендуемых для прогнозирования декадного притока к Новосибирской ГЭС, вычисленные по результатам их построения на полной доступной выборке данных (1974-2020 гг.), приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Сравнительные оценки ошибки модельной аппроксимации декадного притока к Новосибирской ГЭС на обучающей выборке (1974-2020 гг.) и ожидаемой ошибки прогноза

| Месяц | Декада | S/σ | $S_{ож}/\sigma$ | $S_{ож}/S$ |
|---|--------|------------|-----------------|------------|
| 4 | 1 | 0.442 | 0.556 | 1.26 |
| 4 | 2 | 0.581 | 0.647 | 1.11 |
| 4 | 3 | 0.706 | 0.790 | 1.12 |
| 5 | 1 | 0.381 | 0.461 | 1.21 |
| 5 | 2 | 0.610 | 0.709 | 1.16 |
| 5 | 3 | 0.722 | 0.799 | 1.11 |
| 6 | 1 | 0.363 | 0.470 | 1.29 |
| 6 | 2 | 0.518 | 0.610 | 1.18 |
| 6 | 3 | 0.504 | 0.607 | 1.20 |
| 7 | 1 | 0.195 | 0.330 | 1.69 |
| 7 | 2 | 0.425 | 0.514 | 1.21 |
| 7 | 3 | 0.539 | 0.643 | 1.19 |
| 8 | 1 | 0.354 | 0.499 | 1.41 |
| 8 | 2 | 0.546 | 0.680 | 1.25 |
| 8 | 3 | 0.668 | 0.809 | 1.21 |
| 9 | 1 | 0.405 | 0.500 | 1.23 |
| 9 | 2 | 0.480 | 0.602 | 1.25 |
| 9 | 3 | 0.614 | 0.698 | 1.14 |
| Средние по группе моделей значения параметров | | | | |
| 4-9 | 1 | 0.357 | 0.469 | 1.350 |
| 4-9 | 2 | 0.527 | 0.627 | 1.194 |
| 4-9 | 3 | 0.625 | 0.724 | 1.162 |
| 4-9 | 1-3 | 0.503 | 0.607 | 1.235 |

Обозначения S , σ , $S_{ож}$ - по смыслу те же параметры, что и в таблице 7.2, но определенные с использованием выборки данных за 1974-2020 гг.

Если при составлении реального прогноза все значения предикторов будут заданы достаточно точно и не будут существенно выходить за область их изменчивости в прошлом, то фактическая ошибка ($S1_{ф}/\sigma$ или $S2_{ф}/\sigma$), в среднем, будет примерно соответствовать оценке $S_{ож}/\sigma$.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. В динамике притока к Новосибирской ГЭС в последние годы наблюдаются определенные изменения. Этот эффект проявляется в наличии значимых трендов во временных рядах притока в холодное время года. Возможно, имеют место и другие изменения, в частности, смена приоритетности факторов формирования притока. При разработке прогностических моделей это обстоятельство является важным, так как оно влияет на устойчивость статистических взаимосвязей между контролируемыми характеристиками моделируемой системы. Такая неустойчивость понижает надежность

рекомендуемых для использования на практике прогностических методик, построенных на основе данных наблюдений в прошлом.

2. В связи с изложенными в первом пункте замечаниями при выполнении данной работы потребовалось уделить повышенное внимание выбору предикторов для притока в разные сезоны года и оценке надежности разрабатываемых моделей. Для удовлетворения этого требования пришлось многократно решать задачу моделирования, используя для построения моделей разные способы и разные выборки данных. Совокупный анализ множества результатов моделирования, полученных разными методами, позволил оценить их вариабельность, обусловленную выбором исходных данных и алгоритмов, используемых при решении задачи моделирования. Такой анализ также позволил оценить ограничения на точность и надежность моделей, которая может быть достигнута на основе использованных в работе сведений об объекте исследования.

3. Мера надежности модели представляет собой оценку вероятности ее применимости для построения реальных прогнозов. Чем больше подгоняется модель к данным для увеличения точности их аппроксимации на этапе ее построения и чем меньше таких данных, тем меньше оценка меры надежности модели. Чтобы достичь максимальной надежности рекомендуемых моделей окончательные их варианты строились по полной доступной выборке имеющихся данных. Для месячного и квартального притока это данные за 1967-2020 гг. для декадного притока - за 1974-2020 гг. С учетом количества использованных для построения моделей данных, характера временной изменчивости притока и его предикторов, а также использованных методов решения задачи моделирования средняя оценка меры надежности для рекомендуемых моделей составила примерно 90%.

4. Для оценки ожидаемой ошибки прогноза использовались два подхода – с использованием контрольной выборки и без неё. Ожидаемая точность у разных моделей разная, но все они обладают существенным преимуществом по сравнению с климатической моделью.

5. Для моделей квартального притока ожидаемая ошибка прогноза по параметру (s/σ) оценивается интервально. Для притока первого квартала эта величина лежит в диапазоне $[0.5 - 2]$, для притока второго квартала в диапазоне $[0.45 - 0.5]$, для третьего квартала- $[0.5 - 0.65]$, четвертого квартала – в диапазоне $[0.6 - 0.85]$.

6. Ожидаемая ошибка прогнозов месячного притока зависит от сезона года и заблаговременности прогноза. Для моделей прогноза на очередной месяц (в период с апреля по декабрь) ожидаемая точность по параметру s/σ оценивается интервалом $[0.45 - 0.6]$. Для прогнозов с заблаговременностью 1-2 месяца ожидаемая точность уменьшается и

оценивается по этому параметру интервалом [0.6 - 1]. По первому кварталу года ситуация по названным в пункте 1 причинам неопределенная и требует дальнейшего исследования.

7. Оценки ожидаемой точности прогноза, получаемые с использованием ограниченной контрольной выборки данных, достаточно неустойчивы. В связи с этим для моделей декадного притока дополнительно был применен второй, описанный в методической части отчета, способ оценивания ошибки прогноза, основывающийся только на результатах построения модели на обучающей выборке, в качестве которой в этом случае могут быть использованы все доступные данные. Согласно этому методу ожидаемая средняя точность прогноза на 20-25% меньше точности аппроксимации обучающей выборки. По параметру s/σ эта характеристика для прогноза на первую декаду месяца будет составлять примерно 0.5, на вторую – 0.6, на третью - 0.7.

8. Детально оценки ожидаемой точности прогноза для разных моделей и полученные разными способами представлены в таблицах 4, 5, 6, 7.

9. Использование данных о русловых расходах с декадным разрешением по времени позволяет также улучшить модели прогноза на очередной месяц (с нулевой заблаговременностью), уменьшая ожидаемую ошибку прогноза при их применении для расчетов примерно на 10%.

10. Полные описания моделей, рекомендуемых для прогнозирования квартальных, месячных и декадных значений притока к Новосибирской ГЭС, в формате текстовых файлов, предназначенном для чтения программой «Стохастическое моделирование», помещены в Приложении в промежуточному научному отчету за 2021 г. в папке «Модели».

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221113000102-7).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.4.

Развитие методов и технологий агрометеорологического прогнозирования по Урало-Сибирскому региону.

1.2.4.1.

Создание автоматизированной технологии оценок условий вегетации и динамико-статистических прогнозов урожайности зерновых и зернобобовых культур, яровой пшеницы, сахарной свеклы по Алтайскому краю, картофеля по Кемеровской и Новосибирской областям.

Разработана автоматизированная технология расчета оценки условий вегетации и прогноза урожайности яровой пшеницы по Алтайскому краю, адаптированная к

современному уровню урожайности и технологии усвоения данных агрометеорологических наблюдений.

Выполнена адаптация динамической модели формирования урожая яровой пшеницы суточного разрешения к современным уровням урожайности и технологии усвоения данных для территории Алтайского края. Произведена идентификация параметров базовой модели («Погода-Урожай», ВНИИСХМ).

Разработаны программы усвоения данных из электронной версии ТСХ-1, расчета оценок условий формирования урожая и прогноза урожайности яровой пшеницы по Алтайскому краю и программы автоматического пополнения каталога прогностических фрагментов метеорологических данных годов-аналогов долгосрочных прогнозов погоды по опорным станциям на основе WINDOWS .

Получена по предварительным расчетам средняя оправдываемость прогнозов урожайности яровой пшеницы за 2016-2020 гг. с учетом метеорологических условий года аналога по прогнозу погоды на предстоящий месяц: предварительного – **89,2%**, уточнённого - **96,7%**.

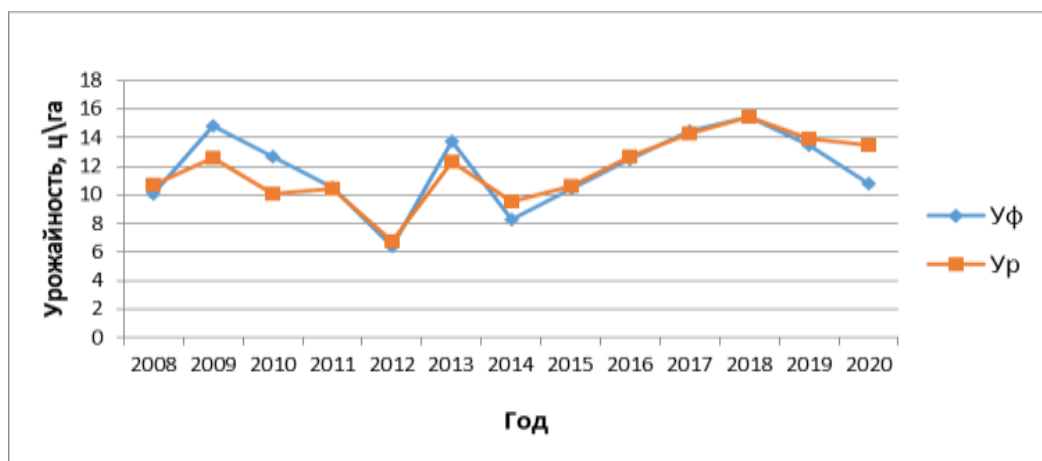
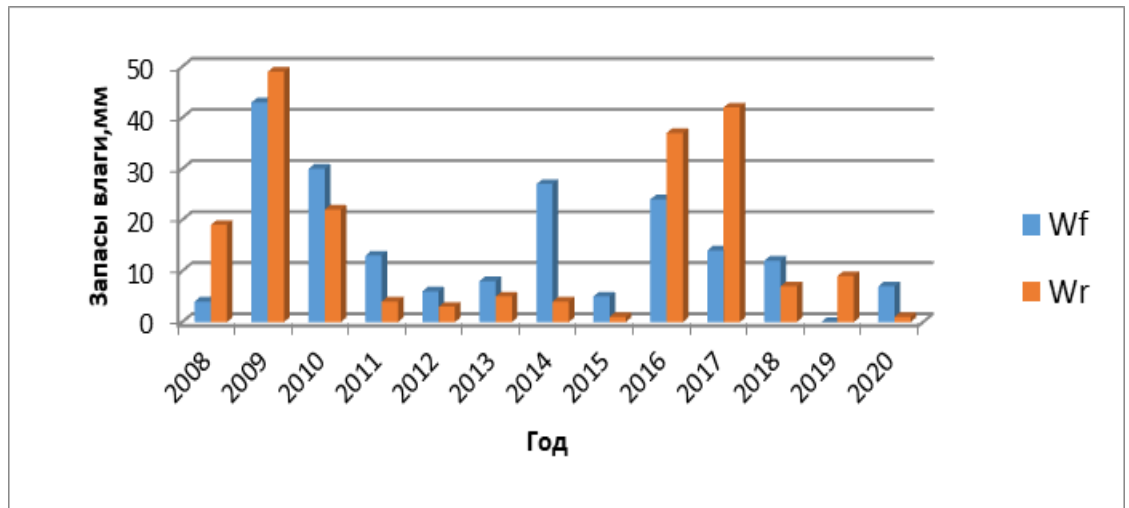
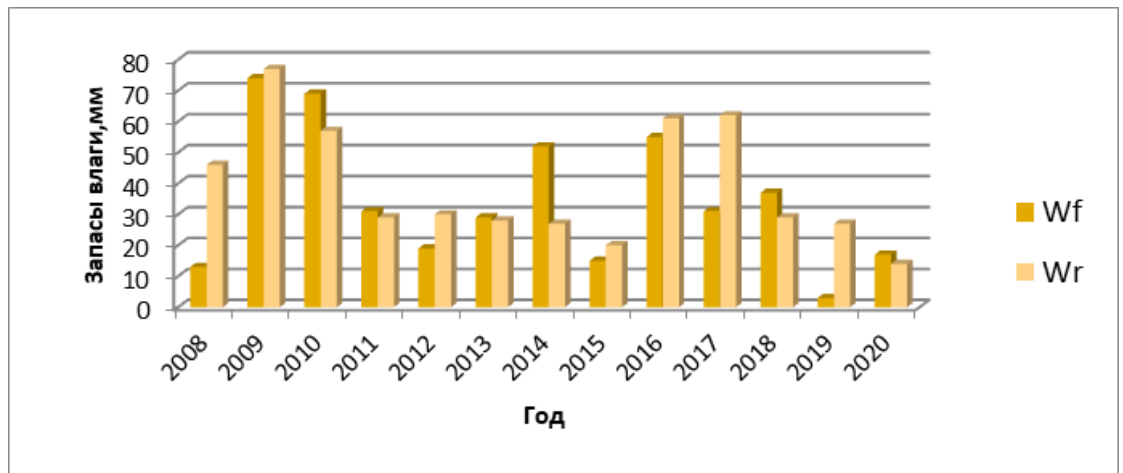


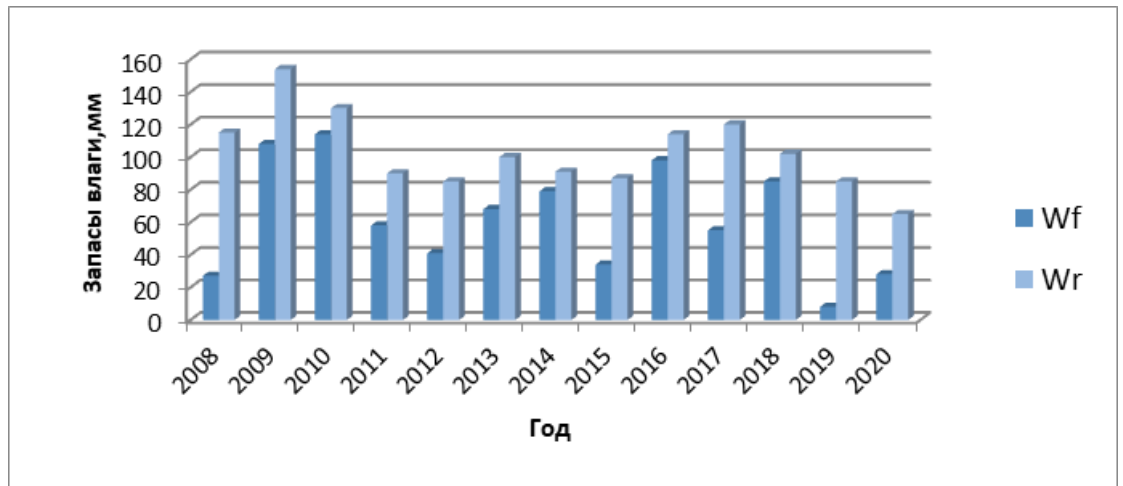
Рисунок 24 - Согласование рассчитанных (Ur) и фактических (Уф) средних величин урожайности яровой пшеницы по территории Алтайского края (все категории хозяйств). Коэффициент корреляции $r=0,86$



Слой 0-20 см, $r=0.64$



Слой 0-50 см, $r=0.68$



Слой 0-100 см, $r=0.69$

Рисунок 25 - Продуктивные запасы влаги в почве под яровой пшеницей на II декаду июля - рассчитанные (Wr) и наблюдаемые (Wf) - на примере ГМС Ребриха (перед основным прогнозом урожайности по зерновым культурам) (слой 0-20 см, коэффициент корреляции $r=0.64$; слой 0-50 см, коэффициент корреляции $r=0.68$; слой 0-100 см, коэффициент корреляции $r=0.69$)

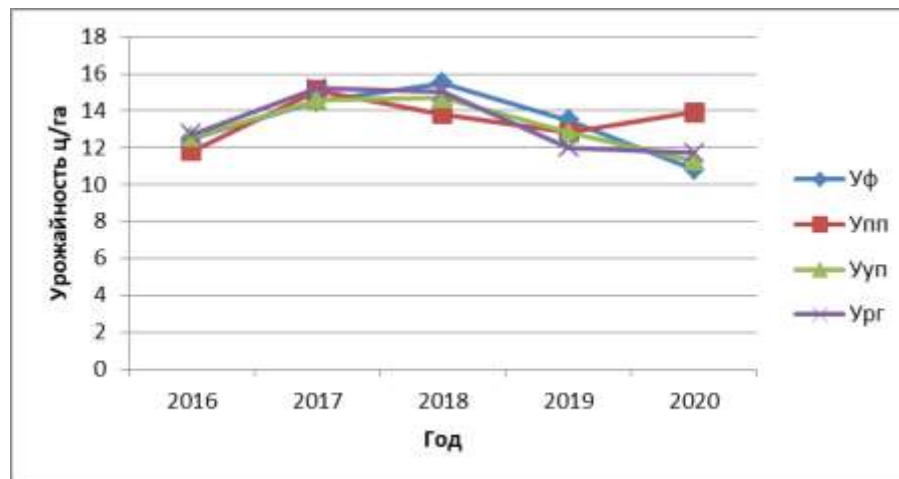


Рисунок 26 - Динамика средней урожайности яровой пшеницы всех категорий хозяйств по территории Алтайского края: Уф – фактическая, Упп - по предварительному прогнозу; Ууп- по уточненному прогнозу; У рг – рассчитанная по фактическим данным за весь вегетационный период

Таблица 8 - Сравнение рассчитанных и фактических величин комплексных оценок агрометеорологических условий формирования урожая яровой пшеницы относительно условий прошлого года за полный вегетационный период

| Год | Урожайность, ц/га | | | | Оценка, % | | Отклонение, % | |
|------|-------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| | фактическая | | рассчитанная | | фактическая | рассчитанная | абсолютная | относительная |
| | текущий год | прошлый год | текущий год | прошлый год | | | | |
| 2018 | 15,5 | 14,5 | 15,0 | 15,2 | 106,9 | 98,7 | 8,2 | 7,7 |
| 2019 | 13,5 | 15,5 | 12,0 | 15,0 | 87,1 | 80,0 | 7,1 | 8,2 |
| 2020 | 10,8 | 13,5 | 11,7 | 12,0 | 80,0 | 97,5 | -17,5 | 21,9 |

Получены удовлетворительные результаты адаптации динамической модели формирования урожая яровой пшеницы к современным условиям Алтайского края. Для агрометеорологического сопровождения производства яровой пшеницы на территории Алтайского края можно рекомендовать адаптированные к современному уровню урожайности культуры, состоянию агрометеорологических ресурсов и к новым технологиям сбора и обработки данных наблюдений, методы оценки условий формирования урожая и прогноза урожайности в предварительный и уточненный сроки и передать на оперативные испытания с применением обновленной технологической линии в системе WINDOWS.

Разработан удобный интерфейс и подготовлена инструкция по эксплуатации программы "Расчет количественной оценки условий формирования урожая и прогноз урожайности яровой пшеницы по Алтайскому краю"

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС221120800140-9).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

1.2.4.2.

Развитие методов прогноза урожайности картофеля, многолетних, однолетних и луговых трав на сено по Иркутской области.

Разработана автоматизированная технология агрометеорологического прогнозирования урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельхозпредприятиям Иркутской области. Проведена оценка моделей на независимом материале трехлетней выборки по параметрам оправдываемости и ошибки. Средняя величина относительной ошибки методических прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на сок 1-3 августа составила 4,1%. Средняя ошибка методических прогнозов урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области составила 8,5 %.

Оценка оправдываемости составленных прогнозов по новому методу по величине допустимой погрешности ($\Delta\sigma$) позволила выявить, что по территории Иркутской области все методические прогнозы урожайности картофеля - как по всем категориям хозяйств, так и по сельскохозяйственным предприятиям – оправдались.

Получена: средняя оправдываемость по сельскохозяйственным предприятиям – 93%; по всем категориям хозяйств - 96%.

Автоматизированная технология прогнозирования урожайности картофеля по Иркутской области передана в ФГБУ «Иркутское УГМС» на производственные испытания.

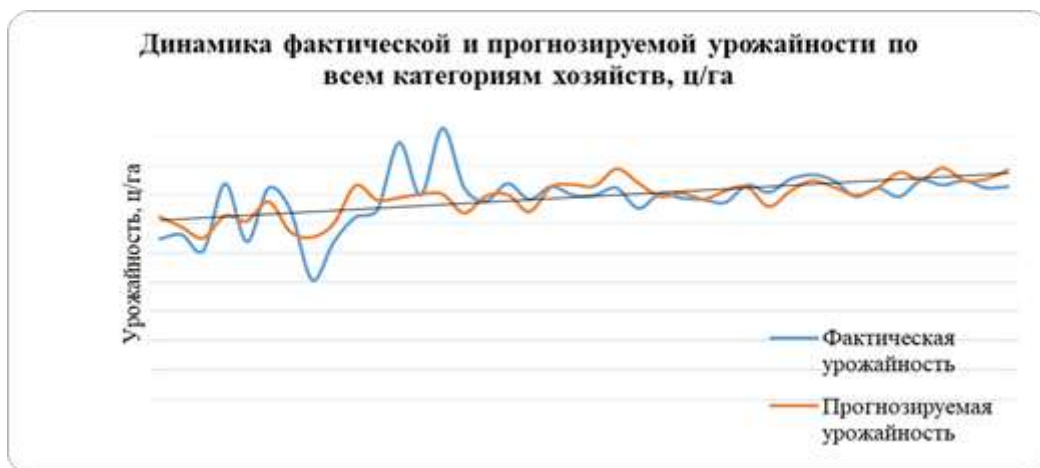


Рисунок 27 - Динамика фактической и прогнозируемой урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на территории Иркутской области, ц/га



Рисунок 28 - Динамика фактической и прогнозируемой урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области, ц/га

В системе оперативного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства значительная роль отводится агрометеорологическим прогнозам урожайности сельскохозяйственных культур. С течением времени, изменением климата, развитием сортов, механизации, технологий возделывания, используемые в оперативной практике методы и технологии теряют качество прогноза.

В рамках выполнения темы 1.2.4.2 достигнут ожидаемый результат на 2021 год. Разработана автоматизированная технология агрометеорологического прогнозирования урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельхозпредприятиям Иркутской области.

Проведена оценка моделей на независимом материале трехлетней выборки по параметрам оправдываемости и ошибки.

Средняя величина относительной ошибки методических прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на срок 1-3 августа составила 4,1 %. Средняя ошибка методических прогнозов урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области составила 8,5 %.

Оценка оправдываемости составленных прогнозов по новому методу по величине допустимой погрешности ($\Delta\sigma$) позволила выявить, что по территории Иркутской области все методические прогнозы урожайности картофеля как по всем категориям хозяйств, так и по сельскохозяйственным предприятиям – оправдались. Средняя оправдываемость составила по сельскохозяйственным предприятиям – 93 %; по всем категориям хозяйств - 96 %.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221120600070-1).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.5.

Создание сервисных информационных систем для территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета (УГМС) Урало-Сибирского региона.

1.2.5.1.

Разработка информационной технологии обработки и анализа оперативной метеорологической и агрометеорологической информации, поступающей в коде КН -21 со станций ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Разработано веб-приложение для метеорологической и агрометеорологической ежедневной и декадной информации, поступающей в коде КН-21 со станций ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Созданы программные средства пользовательского WEB-интерфейса отображения и системы хранения декодированной метеорологической и агрометеорологической информации поступающей в коде КН 21. WEB-интерфейс отображения и хранения декодированных телеграмм, разработан с использованием программной платформы (фрэймворка) Django, язык программирования Python, Jinja2. Для хранения информации базы данных используется система управления базами данных - PostgreSQL.

Продолжаются работы по созданию веб-приложения визуализации метеорологической и агрометеорологической ежедневной и декадной информации, поступающей в коде КН-21 со станций ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», с выделением выявленных ошибок в телеграммах в коде КН-21.

На рисунке представлен вид web-страницы с данными раздела 0 по ряду станций ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», которые передали информацию в коде КН-21 за разные периоды подачи.

Раздел 0

| station | p0mi | p0mj | p0b0 | date | created at | updated at |
|-----------------|------|------|------|-------------------|------------------------|------------------------|
| Бийск-Зональная | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Майск | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Напас | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Тайга | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Первомайское | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Чарышское | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Тальменка | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Краснощечково | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Змеиногорск | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Мошково | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Рубцовск | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Камень-На-Оби | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Крапивино | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Киренск | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Калтук | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Тайшет | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Тулун | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Залари | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Новокутск | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Оса | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Хомутово | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Усть-Ордынский | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Баяндай | AA | EE | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Хабары | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |
| Благовещенка | AA | DD | 1 | 10 апреля 2021 г. | 29 ноября 2021 г. 7:14 | 29 ноября 2021 г. 7:14 |

Page 1 of 10. [Следующая](#) [Последняя](#) »

Рисунок 29 - Страница с данными Раздела 0

На втором этапе (2021 г.) работа по теме 1.2.5.1. выполнялась в соответствии с календарным планом: разработаны ПС каркаса web-приложения и прототипа пользовательского интерфейса для отображения разобранных по параметрам и декодированных агрометеорологических телеграмм, поступающих в коде КН-21 с метеостанций Западно-Сибирского УГМС. Созданная программа пользовательского web-интерфейса отображения декодированных телеграмм, поступающих в коде КН 21, соответствует формам выбора параметров отображения; создано ПС пользовательского WEB-интерфейса отображения декодированных телеграмм, поступающих в коде КН 21 с использованием форм выбора параметров отображения; через web-формы создано ПС для организации системы хранения декодированной декадной метеорологической и агрометеорологической информации, поступающей в коде КН-21; предусмотрено логирование ошибочных телеграмм; создается web-приложение для пользователя с работой метеорологической и агрометеорологической ежедневной и декадной информации, поступающей в коде КН-21 со станций ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Разработка программных средств (ПС) ведется с использованием языка программирования Python, Jinja2, с использованием программной платформы (фреймворка) для реализации веб-приложений – Django.

Для хранения информации базы данных используется система управления базами данных – PostgreSQL.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221120600180-7).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

1.2.5.2.

Разработка информационной технологии обработки и анализа оперативной метеорологической и климатической информации, поступающей в коде КН-19 Декада, КЛИМАТ с метеостанций ФГБУ «Уральское УГМС».

Разработан комплекс программ декодирования средней температуры воздуха из телеграмм кода КН-19 Декада, КЛИМАТ, поступающих со станций ФГБУ «Уральское УГМС».

Разработана автоматизированная технология выборки и обновления многолетней базы 10-летних ранжированных рядов самых теплых (холодных) лет в декадном и месячном разрешении по метеостанциям ФГБУ «Уральское УГМС». Создано программное окружение на сервере ФГБУ «СибНИГМИ» для комплекса программ декодирования и WEB-технологий формирования ранжированных рядов самых теплых (холодных) лет в декадном и месячном разрешении по станциям Уральского УГМС.

Созданы базы данных сумм осадков в декадном и месячном разрешении по станциям ФГБУ «Уральское УГМС» с выделением ранжированных рядов самых сухих (влажных) лет.

Подготовлена и сформирована электронная база данных 10-летних ранжированных рядов самых теплых (холодных), сухих (влажных) лет в декадном и месячном разрешении за весь ряд наблюдения с учетом данных за 2020 год по станциям ФГБУ «Уральское УГМС», подающих телеграммы в коде КН-19 Декада, КЛИМАТ.

Приведены примеры самых влажных и самых теплых десятилетних ранжированных рядов за январь и февраль в декадном и месячном разрешении.

| 10-летние ранжированные ряды самых теплых лет в декадном и месячном разрезе | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|
| 5818540 МС Тавада, Белый Яр 28264 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Место | Январь | | | | | | | | | | Февраль | | | | | | | | Март | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | | | | | |
| 1 | -5 | 1949 | -2.8 | 2007 | -4.6 | 1971 | -7.5 | 2007 | -4.7 | 1981 | -4.1 | 1957 | 0 | 1935 | -5.7 | 1995 | -0.8 | 1990 | 1.5 | 2020 | 3.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | | | |
| 2 | -5.7 | 1978 | -7.3 | 1993 | -5.2 | 2002 | -7.7 | 1949 | -5 | 1995 | -4.7 | 2002 | -1.1 | 2015 | -5.3 | 2020 | -1 | 1995 | 8.8 | 2015 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 3 | -6.9 | 1936 | -8 | 1983 | -6.8 | 1934 | -10.6 | 1993 | -5.8 | 1961 | -5.2 | 1962 | -2.1 | 1995 | -4.3 | 2002 | -1.3 | 2020 | 8.4 | 2014 | 3 | 1978 | -1.5 | 1961 | -1.7 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 |
| 4 | -7.7 | 1996 | -8.3 | 1978 | -7 | 1935 | -10.7 | 1983 | -7 | 1934 | -5.9 | 2020 | -2.2 | 2020 | -4.5 | 2016 | -2.1 | 2002 | -0.8 | 1989 | 2.8 | 1961 | -1.7 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 5 | -8.4 | 2007 | -8.4 | 2015 | -7.5 | 1959 | -10.8 | 1932 | -8.4 | 1963 | -6 | 1960 | -2.8 | 2002 | -7.4 | 2015 | -2.3 | 2008 | -0.9 | 1984 | 2.4 | 1988 | -2.1 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 6 | -8.5 | 1988 | -8.7 | 2014 | -7.9 | 1949 | -11 | 1962 | -9.1 | 1989 | -6.3 | 1938 | -3.2 | 2016 | -7.8 | 1962 | -2.6 | 2017 | -1.9 | 1974 | 2.2 | 2008 | -2.2 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 7 | -8.8 | 1984 | -9 | 2005 | -8.9 | 1962 | -11.2 | 1955 | -9.2 | 1948 | -7 | 2016 | -5 | 1967 | -7.9 | 1935 | -3.4 | 1998 | -2 | 1967 | 2.1 | 1992 | -2.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 8 | -9.3 | 1952 | -9.2 | 1955 | -9.5 | 1958 | -11.6 | 1978 | -9.3 | 1983 | -7.3 | 1942 | -5.5 | 1958 | -4.4 | 1934 | -3.5 | 1989 | -2.1 | 1997 | 1.7 | 2019 | -2.8 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 9 | -9.4 | 1944 | -9.3 | 2019 | -9.9 | 1948 | -11.9 | 2002 | -9.4 | 1938 | -7.4 | 1960 | -6 | 1943 | -9.9 | 1983 | -3.6 | 2000 | -2.2 | 1975 | 1.6 | 2020 | -2.7 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |
| 10 | -9.8 | 2020 | -10 | 1932 | -10.2 | 1993 | -12 | 1981 | -9.7 | 1992 | -8.4 | 1978 | -6.7 | 1960 | -10 | 1981 | -3.7 | 2014 | -2.5 | 2017 | 1.4 | 1951 | -3 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | -1.4 | 1995 | 8.6 | 2020 | 3.1 | 1981 | | |

Рисунок 30 - Фрагмент выборки самых теплых лет 10- летних ранжированных рядов за весь период наблюдения по 2020 год по МС Тавада, Белый Яр

| 10-летние ранжированные ряды самых холодных лет в декадном и месячном разрезе | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|---------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 5856450 МС Таборы 28158 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Место | Январь | | | | | | | | | | Февраль | | | | | | | | Март | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | | | |
| 1 | -27.5 | 1987 | -30.2 | 1972 | -30.6 | 1973 | -30.3 | 1972 | -32.8 | 1976 | -34.4 | 1994 | -26.4 | 1971 | -22.2 | 1971 | -19.2 | 1972 | -17.8 | 1962 | -10.8 | 1982 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 2 | -27.2 | 1972 | -27.7 | 2006 | -29.9 | 2006 | -30.2 | 2010 | -27 | 2001 | -24.1 | 1974 | -25.6 | 2010 | -21.6 | 1994 | -19.1 | 1971 | -15.9 | 1959 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 3 | -27.1 | 1979 | -28.5 | 2010 | -27.9 | 1970 | -28 | 2006 | -26.9 | 1977 | -23.1 | 2011 | -21.1 | 2007 | -20.8 | 1976 | -18 | 2013 | -14.2 | 1981 | -8.3 | 1991 | -11.4 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 4 | -25.8 | 2000 | -34.3 | 1990 | -27.6 | 2010 | -23 | 1973 | -24.9 | 2019 | -22.6 | 1998 | -20.3 | 1977 | -20.4 | 1985 | -16.2 | 1999 | -13.4 | 1972 | -7.4 | 2013 | -10.9 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 5 | -25.5 | 1997 | -22.8 | 1977 | -27.5 | 1972 | -22.3 | 1997 | -34.4 | 2010 | -22.4 | 1971 | -19.7 | 2018 | -19.9 | 2010 | -15.3 | 1983 | -13.2 | 1991 | -6.9 | 2018 | -10.6 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 6 | -25.3 | 2010 | -20.7 | 1975 | -26.7 | 2014 | -22.1 | 1974 | -34.2 | 1994 | -20.9 | 2007 | -16.7 | 1974 | -19.5 | 1977 | -13.9 | 1987 | -12.9 | 1976 | -5.7 | 1998 | -10.2 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 7 | -24.8 | 1989 | -20.5 | 2013 | -25.1 | 1974 | -21.1 | 1977 | -24.1 | 2009 | -19.6 | 2004 | -15.9 | 1982 | -19.3 | 2001 | -13 | 1981 | -12.5 | 1960 | -6.4 | 2006 | -9.2 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 8 | -23.9 | 2017 | -20.3 | 1989 | -24.6 | 1977 | -20.7 | 1970 | -23.1 | 1982 | -19.1 | 2005 | -15.6 | 2011 | -18.7 | 2007 | -12.9 | 1994 | -8.6 | 1992 | -5.3 | 1971 | -8.9 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 9 | -23.2 | 2016 | -20.2 | 1973 | -21.9 | 1979 | -20.3 | 1979 | -22.6 | 1984 | -18.9 | 2003 | -15.4 | 1980 | -18.3 | 2014 | -12.8 | 1992 | -9.5 | 1987 | -5.2 | 2001 | -8.7 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |
| 10 | -22.4 | 1982 | -20 | 1996 | -21.6 | 1980 | -19.6 | 1988 | -22.7 | 1986 | -18 | 1993 | -14.7 | 1994 | -18.2 | 1974 | -12.7 | 1985 | -9.2 | 1988 | -6.1 | 1980 | -8.0 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 | -11.8 | 1995 | -8.5 | 2004 |

Рисунок 31 - Фрагмент выборки самых холодных лет 10- летних ранжированных рядов за весь период наблюдения по 2020 год по МС Таборы

| 10-летние ранжированные ряды самых сухих лет в декадном и месячном разрезе | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|---------|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 594569 МС Березники 28029 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Место | Январь | | | | | | | | | | Февраль | | | | | | | | Март | | | | | | | | | | | | | |
| | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | |
| 1 | 2.6 | 1934 | 2 | 1937 | 0 | 1969 | 9.3 | 2012 | 0 | 1933 | 0 | 1952 | 0 | 1937 | 1.5 | 2012 | 0 | 1967 | 0.1 | 1949 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 2 | 2.8 | 1956 | 2.5 | 1934 | 0.2 | 2005 | 9.7 | 1933 | 0.6 | 1935 | 0.2 | 1964 | 0.1 | 1945 | 3.1 | 1952 | 0.1 | 1993 | 0.2 | 1935 | 0.5 | 1996 | 3.4 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 3 | 3.5 | 1933 | 3 | 1956 | 0.4 | 1972 | 11 | 1937 | 0.7 | 2012 | 1.2 | 1937 | 0.2 | 2011 | 6.4 | 1988 | 0.5 | 1989 | 0.3 | 1970 | 0.6 | 1979 | 4.7 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 4 | 3.8 | 1969 | 3.1 | 1935 | 0.5 | 1945 | 11.6 | 1969 | 0.9 | 1942 | 1.3 | 1942 | 0.3 | 1939 | 5.8 | 1933 | 0.6 | 1940 | 0.4 | 1956 | 0.7 | 1998 | 4.8 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 5 | 4.1 | 1955 | 3.2 | 1933 | 0.9 | 1947 | 12.6 | 1945 | 1.4 | 1952 | 1.5 | 1951 | 0.6 | 1962 | 7.8 | 1964 | 0.9 | 1933 | 0.8 | 2011 | 0.8 | 1956 | 5.4 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 6 | 4.5 | 1942 | 3.3 | 2012 | 1.9 | 1951 | 13.3 | 1934 | 1.5 | 2010 | 1.7 | 1981 | 0.7 | 1998 | 8 | 1954 | 1.1 | 1935 | 0.9 | 1934 | 1.1 | 1950 | 6 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 7 | 4.6 | 1947 | 4 | 1954 | 2 | 1938 | 13.6 | 1935 | 1.7 | 1947 | 1.9 | 1990 | 0.8 | 2012 | 8.2 | 1941 | 1.2 | 1948 | 1.1 | 1965 | 1.5 | 2020 | 7.1 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 8 | 4.9 | 1944 | 4.2 | 1981 | 2.5 | 1984 | 13.8 | 1977 | 1.8 | 1941 | 2.3 | 1988 | 0.9 | 1933 | 9.1 | 1937 | 1.4 | 2005 | 1.2 | 1962 | 1.6 | 1951 | 8.5 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 9 | 5.2 | 1977 | 4.5 | 1974 | 2.8 | 1977 | 16 | 1984 | 2.1 | 1940 | 2.9 | 1941 | 1 | 1954 | 9.2 | 1940 | 1.5 | 1951 | 1.5 | 1980 | 1.9 | 1941 | 9.1 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |
| 10 | 5.5 | 1936 | 5.1 | 1982 | 3 | 1933 | 16.4 | 1943 | 2.4 | 1986 | 3.1 | 1953 | 1.1 | 1946 | 10 | 1951 | 1.8 | 1994 | 2 | 1948 | 2.1 | 1954 | 9.2 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 | 0.1 | 1967 | 1.3 | 1995 |

Рисунок 32 - Фрагмент выборки самых сухих лет 10- летних ранжированных рядов за весь период наблюдения по 2020 год по МС Березники

10-летние ранжированные ряды самых влажных лет в декадном и месячном разрешении
607604 МС Ивдель 23921

| Места | Январь | | | | | | | | | Февраль | | | | | | | | | Март | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|--|--|--|
| | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | 1д | год | 2д | год | 3д | год | М | год | | | |
| 1 | 30.4 | 1982 | 28 | 2014 | 26.2 | 1985 | 56.8 | 1976 | 27 | 1966 | 21.2 | 1970 | 30.3 | 2017 | 57.4 | 1958 | 29.7 | 2008 | 31 | 2013 | 30.5 | 2005 | 71.6 | | | | |
| 2 | 24.3 | 1976 | 24.4 | 1992 | 23.4 | 1997 | 51.4 | 2016 | 22.6 | 1990 | 19.9 | 1997 | 28.1 | 1958 | 44 | 1966 | 26.9 | 2001 | 23.9 | 2005 | 26.9 | 2006 | 59.3 | | | | |
| 3 | 24 | 2010 | 23.3 | 1976 | 23.3 | 1999 | 47.7 | 2001 | 22.2 | 1979 | 19.6 | 1998 | 20.4 | 1947 | 41.2 | 2017 | 24.6 | 1995 | 23.8 | 2016 | 23.7 | 2001 | 55 | | | | |
| 4 | 18.7 | 1987 | 22.3 | 1968 | 22.4 | 1993 | 44.1 | 1999 | 20.3 | 1999 | 17.8 | 2014 | 17.1 | 2001 | 40.1 | 1998 | 24.2 | 2004 | 23.1 | 1937 | 23.3 | 2012 | 53.1 | | | | |
| 5 | 18.6 | 2003 | 19.9 | 2006 | 19.8 | 2016 | 43 | 1970 | 18.6 | 2006 | 16.1 | 1978 | 14.9 | 2008 | 39.3 | 2002 | 23.1 | 2002 | 19.2 | 1961 | 22.9 | 1944 | 51 | | | | |
| 6 | 18.2 | 1994 | 19.6 | 2016 | 17.8 | 1956 | 40.4 | 1992 | 17.1 | 2007 | 14.9 | 1958 | 14 | 2016 | 36.8 | 1947 | 22.5 | 1990 | 19.1 | 1991 | 20.6 | 1966 | 48 | | | | |
| 7 | 18.1 | 1988 | 19.2 | 2001 | 17.7 | 1936 | 39.4 | 1990 | 16.2 | 2019 | 14.6 | 1992 | 13.6 | 2020 | 34.6 | 1983 | 18.5 | 1962 | 19 | 2001 | 18.9 | 1997 | 41.4 | | | | |
| 8 | 15.8 | 1970 | 16.6 | 1990 | 16.4 | 1987 | 39.1 | 1968 | 14.4 | 1958 | 12.2 | 1983 | 13.5 | 1955 | 38.1 | 2020 | 17.7 | 1966 | 17.9 | 2014 | 17.6 | 1970 | 41.2 | | | | |
| 9 | 15.4 | 2016 | 13.6 | 1970 | 15.6 | 1977 | 38 | 1997 | 14.1 | 1983 | 11.5 | 1936 | 12.2 | 1963 | 29.7 | 2001 | 17.5 | 1961 | 17.7 | 1979 | 17.3 | 2013 | 40.2 | | | | |
| 10 | 14.9 | 2001 | 13.5 | 2008 | 15.4 | 1979 | 37.6 | 1982 | 13.1 | 1948 | 11.3 | 1960 | 12 | 1949 | 29.3 | 1955 | 15.4 | 1950 | 17.3 | 1951 | 17.1 | 1973 | 39 | | | | |

23900 ТАЙНЭ | 23914 ЧЕРДЫНЬ | 23921 ИВДЕЛЬ | 28020 БЕРЕЗНОЕ | 26049 ГАМ | 38116 КУДЯК | 4

Рисунок 33 - Фрагмент выборки самых влажных лет 10- летних ранжированных рядов за весь период наблюдения по 2020 год по МС Ивдель

Произведена адаптация программного обеспечения системы web-представления данных ранжированных рядов для территории ФГБУ «Уральское УГМС». Программное обеспечение установлено на виртуальном сервере инфраструктуры СибНИГМИ, доступ к технологии в настоящее время осуществляется по локальной сети ФГБУ «СибНИГМИ» <http://192.168.9.103>. Осуществляет отладка автоматизированной технологии выборки и обновления многолетней базы 10–летних ранжированных рядов самых теплых (холодных), сухих (влажных) лет в декадном и месячном разрешении по метеостанциям ФГБУ «Уральское УГМС» в реальном режиме и на архивных телеграммах кода КН-19 Декада, КЛИМАТ за 2021 год. Приведены примеры выборки станций, на которых значения, поступившие в коде КЛИМАТ, попадают в десятилетние ранжированные ряды самых холодных сентября и самых сухих августа.

Территория: Все субъекты

Станция:

Параметр:

- Средняя температура
- Осадки

Год: 2021

Месяц: Сентябрь

Период: мес.

Показать

Ряды климатических значений

Все субъекты: Средняя температура

| Индекс | Пункт | Дата | Знач-е | Место | |
|--------|----------------|---------------|--------|-------|---------------------------|
| 23909 | ГАЙНЫ | мес. Сентябрь | 6.0 | - | Подробнее |
| 28049 | ГАРИ | мес. Сентябрь | 6.9 | - | Подробнее |
| 28144 | ВЕРХОТУРЬЕ | мес. Сентябрь | 6.8 | - | Подробнее |
| 28240 | НИЖНИЙ_ТАГИЛ_3 | мес. Сентябрь | 7.0 | - | Подробнее |
| 28248 | АЛАПАЕВСК | мес. Сентябрь | 7.6 | - | Подробнее |
| 28264 | ТАВДА | мес. Сентябрь | 7.9 | - | Подробнее |
| 28319 | НОЖОВКА | мес. Сентябрь | 8.2 | - | Подробнее |
| 28326 | КУНГУР | мес. Сентябрь | 7.4 | - | Подробнее |
| 28333 | ВИСИМ | мес. Сентябрь | 6.7 | - | Подробнее |
| 28432 | БИСЕРТЬ | мес. Сентябрь | 7.3 | - | Подробнее |
| 28440 | ЕКАТЕРИНБУРГ-У | мес. Сентябрь | 8.7 | - | Подробнее |

Рисунок 34 - Вид web-интерфейса с результатами обработки автоматизированной web-технологией оперативных телеграмм, поступивших в коде КЛИМАТ со станций Уральского УГМС

Территория: Все субъекты

Станция:

Параметр:

- Средняя температура
- Осадки

Критерий выборки:

- Ранжированные
- Редактор

Год: 2021

Месяц: Сентябрь

Период: мес.

Показать

Корректировка климатических значений

Все субъекты: Средняя температура

[Применить](#) выбрать/очистить все

| Индекс | Пункт | Дата | Знач-е | Действие | |
|--------|----------------|--------------------|--------|---|---------------------------|
| 23909 | ГАЙНЫ | мес. Сентябрь 2021 | 6.0 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28049 | ГАРИ | мес. Сентябрь 2021 | 6.9 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28144 | ВЕРХОТУРЬЕ | мес. Сентябрь 2021 | 6.8 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28240 | НИЖНИЙ_ТАГИЛ_3 | мес. Сентябрь 2021 | 7.0 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28248 | АЛАПАЕВСК | мес. Сентябрь 2021 | 7.6 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28264 | ТАВДА | мес. Сентябрь 2021 | 7.9 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28319 | НОЖОВКА | мес. Сентябрь 2021 | 8.2 | <input checked="" type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28326 | КУНГУР | мес. Сентябрь 2021 | 7.4 | <input checked="" type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28333 | ВИСИМ | мес. Сентябрь 2021 | 6.7 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28432 | БИСЕРТЬ | мес. Сентябрь 2021 | 7.3 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28440 | ЕКАТЕРИНБУРГ-У | мес. Сентябрь 2021 | 8.7 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28451 | КАМЫШЛОВ | мес. Сентябрь 2021 | 8.8 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |
| 28630 | ЗЛАТОВОСТ | мес. Сентябрь 2021 | 6.9 | <input type="checkbox"/> Применить | Подробнее |

Рисунок 35 - Вид web-интерфейса с предусмотренной возможностью исправления данных и сохранения их в базе данных

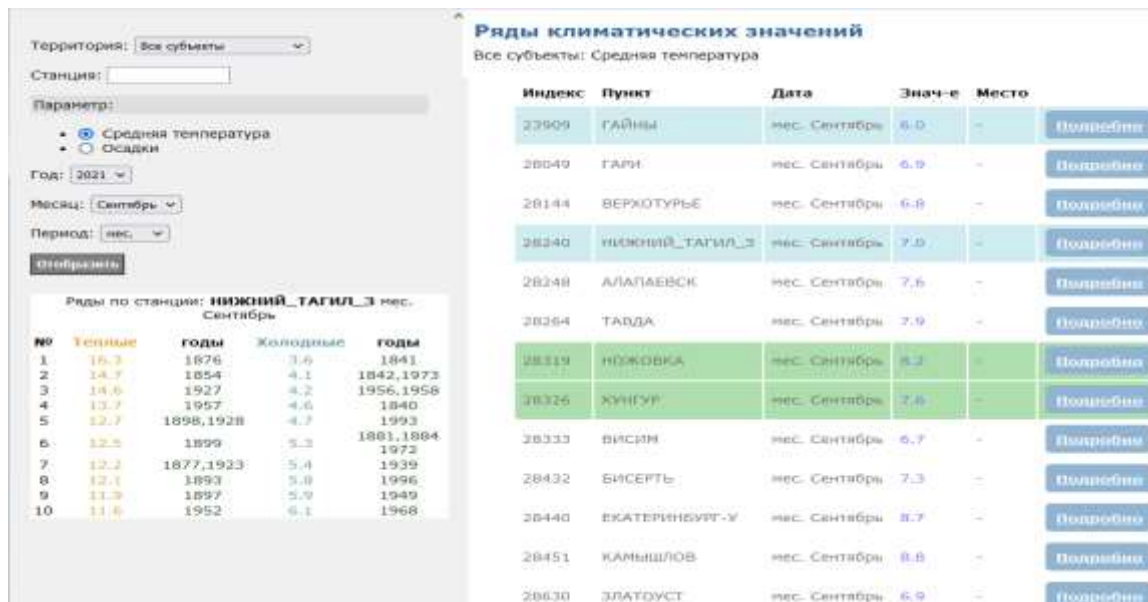


Рисунок 36 - Фрагмент выборки технологией данных по средней температуре воздуха за сентябрь 2021 г., с детализацией «Подробнее» по станции Нижний Тагил

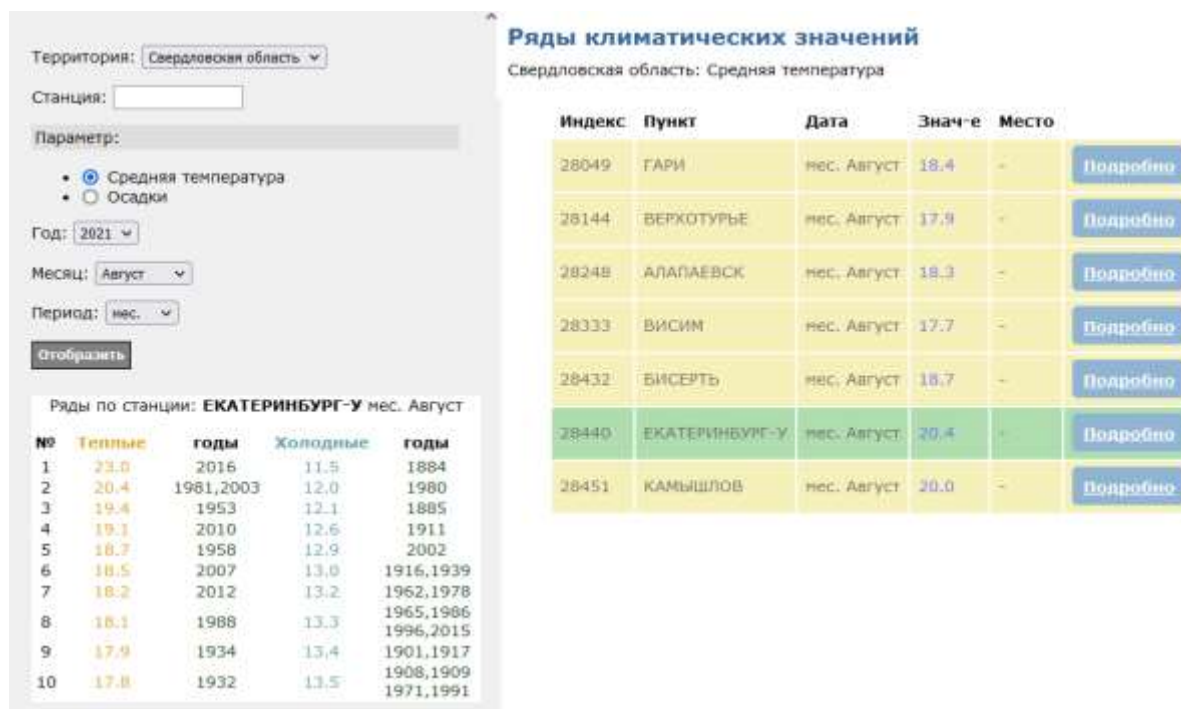


Рисунок 37 - Фрагмент выборки технологией данных по средней температуре воздуха из кода КЛИМАТ за август 2021 г., по станциям Свердловской области с выделением «Подробнее» по станции Екатеринбург

По информации на рисунке 37 видно, что подсветка средней месячной температуры воздуха за август месяц по станции Екатеринбург «зеленая», т.е. такая температура уже наблюдалась в 1981 и в 2003 гг., и после подтверждения - средняя температура воздуха 20,4 °С может занять второе место в десятилетнем ранжированном ряду.

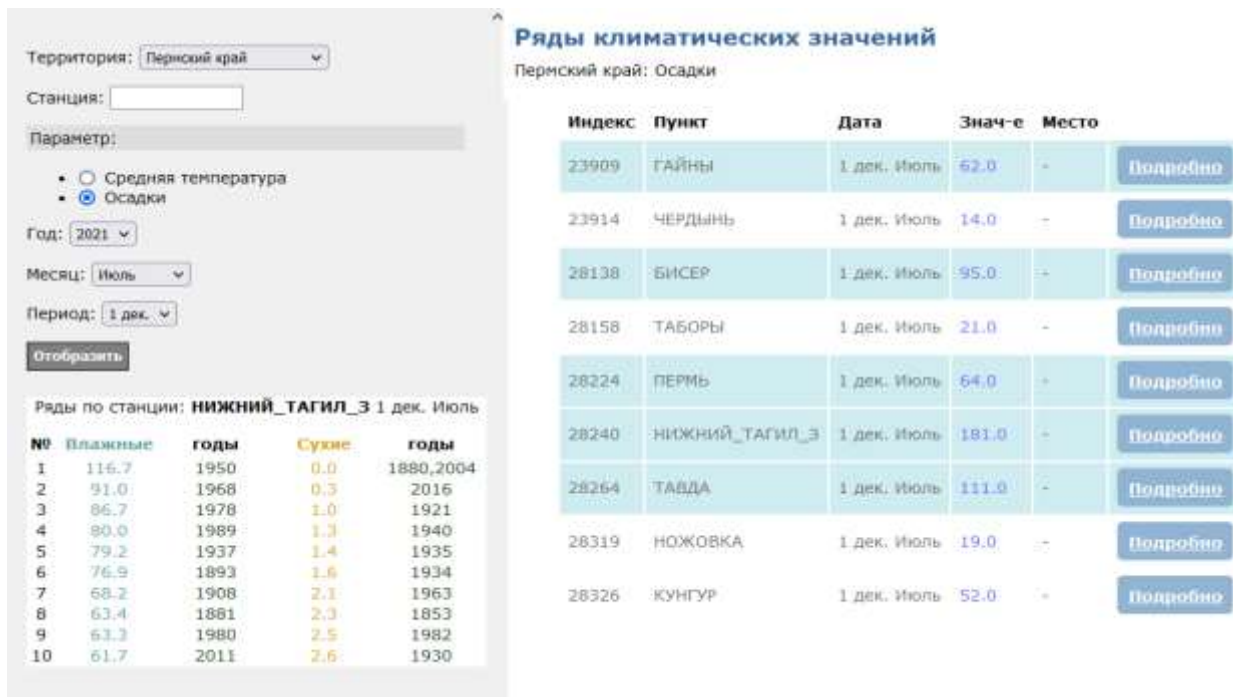


Рисунок 38 - Фрагмент выборки технологией данных по осадкам из кода КН-19 Декада за первую декаду июля 2021 г. по станциям Пермского края с выделением «Подробнее» по станции Нижний Тагил

По информации на рисунке 38 видно, что подсветка ряда станций «голубая», т.е эти станции могут попасть в ранжированный 10–летний ряд лет самых влажных первых декад июля. Максимальное количество осадков (118 мм) отмечено на станции Нижний Тагил. После нажатия кнопки «Подробнее» видно, что такое количество осадков в первой декаде июля на станции Нижний Тагил отмечено впервые за весь ряд наблюдения, но только после сверки с режимными данными можно это значение закрепить в ранжированном ряду.

Работы по теме 1.2.5.2. в 2021 году выполнялись в соответствии с календарным планом:

1. Созданы электронные базы 10-летних ранжированных рядов самых теплых (холодных), самых сухих (влажных) лет по всем станциям Уральского УГМС, подающих телеграммы в коде КН-19 Декада, КЛИМАТ за весь ряд наблюдения по 2020 год включительно.

2. Развернуто виртуальное окружение на сервере СибНИГМИ для комплекса программ декодирования и web-технологий ранжированных рядов.

3. Модифицирован комплекс программ декодирования средней температуры воздуха, количества осадков из телеграмм кода КН-19 Декада, КЛИМАТ, автоматизированной технологии выборки и обновления многолетней базы 10 – летних ранжированных рядов самых теплых (холодных), сухих (влажных) лет в декадном и месячном разрешении для территории ответственности ФГБУ «Уральское УГМС».

4. Осуществляется отладка автоматизированной web-технологии выборки и обновления многолетней базы 10 – летних ранжированных рядов самых теплых (холодных), сухих (влажных) лет в декадном и месячном разрешении по метеостанциям ФГБУ «Уральское УГМС» на архивных телеграммах кода КН-19 Декада, КЛИМАТ за 2021 год.

5. Для отладки работы автоматизированной технологии программное обеспечение установлено на виртуальном сервере инфраструктуры СибНИГМИ, доступ к технологии в настоящее время осуществляется по локальной сети ФГБУ «СибНИГМИ».

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221120100059-1).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.6.

Исследование современного режима водных ресурсов на территории юго-востока Западной Сибири в зависимости от гидрометеорологических и синоптических условий

Речной сток является интегральным показателем климата, поэтому вопросы взаимосвязи метеорологических процессов и гидрологического режима рек приобретает теоретическую и практическую актуальность.

В настоящее время изменение климата выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры воздуха. С изменениями температуры воздуха связаны характер атмосферной циркуляции, поле облачности и осадков, которые влияют на гидрологический режим водных объектов. Для эффективного использования водных ресурсов необходимо иметь представления об изменениях гидрологического режима, которые могут произойти в будущем.

В работе была использована классификация атмосферных процессов Г.Я Вангенгейма-А.А. Гирса, согласно которой все они были поделены на три основных типа: западный (W), восточный (E) и меридиональный (C).

Гидрологический режим рек бассейна Верхней Оби сложен и многообразен. Наряду с формами атмосферных циркуляций, которые в долговременном периоде формируют климат региона, его определяют и факторы подстилающей поверхности: рельеф, геологическое строение, почво-грунты, растительность, озерность и заболоченность бассейна.

Любая случайная величина (в том числе гидрометеорологические данные) полностью описывается с вероятностной точки зрения, если построен закон её распределения и исследованы основные его свойства. Закон распределения известен, если

определена вероятность каждого отдельного значения для дискретных величин или вероятность значений в различных интервалах для непрерывных величин, т.к. в последнем случае вероятность каждого отдельного значения равна нулю. Кроме того, в гидрометеорологических рядах присутствуют периодические колебания и колебания с меняющимся периодом и амплитудой. Все характеристики колебаний и законов вероятностного распределения относятся к структурным характеристикам рядов наблюдений.

Цель работы по данному промежуточному этапу рассчитать эти характеристики для гидрологических величин, а также провести предварительный анализ синоптических ситуаций за некоторые конкретные годы. Все полученные в 2021 г. результаты будут детально проанализированы на следующем этапе исследований.

Атмосферные процессы имеют широкий диапазон пространственных и временных масштабов. Пространственные масштабы определяются размерами или длиной волны возмущений, а временные – временем их существования или периодом колебаний. Все наблюдаемые в атмосфере процессы принято делить на микро-, мезо- и макромасштабные.

В атмосфере происходят процессы различных пространственно-временных масштабов. Пространственный масштаб определяется размерами возмущений атмосферы, а временные – временем их существования. Как уже отмечалось, в работе была использована классификация атмосферных процессов Г.Я Вангенгейма-А.А. Гирса, согласно которой все они были поделены на три основных типа: западный (W), восточный (E) и меридиональный (C). При W форме циркуляции в атмосфере отмечаются зональные движения воздуха. Преобразование этой формы в E или C связано с появлением в атмосфере стационарных волн с большой амплитудой. Преобладание атмосферной циркуляции формы W обычно обеспечивает большие снегозапасы в холодный период, дружную весну и многоводье.

При преобладании в течение года над Западной Сибирью циркуляций формы E и C в бассейне Верхней Оби чаще всего бывают холодные и малоснежные зимы, а весны поздними и затяжными. Количество выпадающих в таких условиях осадков, оказывается ниже средних многолетних значений и, как следствие, наблюдаются маловодные годы.

Для анализа синхронности колебаний и определения периодов повышенной и пониженной водности были построены разностные интегральные кривые максимальных расходов воды по створам, имеющим продолжительные ряды наблюдений. Разностная интегральная кривая стока (или сокращенная кривая стока, ССК) представляет собой нарастающую сумму отклонений модульных коэффициентов от среднего многолетнего значения временного ряда на конец каждого года (рис. 39).

За период наблюдений не было ни одного случая, чтобы наибольший расход наблюдался во всех реках территории в один и тот же год. Это косвенно указывает на отсутствие синоптических крупномасштабных ситуаций за период наблюдений, вызывающих катастрофические наводнения на больших территориях или о влиянии на них других факторов.

Таблица 9 – Обеспеченность трех первых значений ранжированного ряда максимальных расходов воды

| № П/П | Река - пункт | Характеристика | Максимальные значения за период наблюдений | | |
|-------|--|-------------------|--|------|------|
| | Период наблюдений | | 1969 | 1966 | 2014 |
| 1 | р. Бия с. Артыбаш 1957-2018 | Год | 1969 | 1966 | 2014 |
| | | Расход, м3/с | 3570 | 2240 | 2220 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 5,3 | 5,5 |
| 2 | р. Бия с. Кебезень 1957-2018 | Год | 1969 | 2014 | 2010 |
| | | Расход, м3/с | 3410 | 2760 | 2250 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 2,1 | 5,0 |
| 3 | р. Бия с. Турочак 1962-2018 | Год | 2014 | 1969 | 2010 |
| | | Расход, м3/с | 5460 | 4430 | 3260 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 1,8 | 5,2 |
| 4 | р. Лебедь с. Усть-Лебедь 1931-1985 | Год | 1969 | 1941 | 1961 |
| | | Расход, м3/с | 2490 | 2100 | 2070 |
| | | Обеспеченность, % | 0,9 | 3,4 | 3,9 |
| 5 | р. Чеченек пос. Яйлю 1964-2018 | Год | 2006 | 1999 | 1969 |
| | | Расход, м3/с | 18,4 | 12,4 | 11,3 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 3,5 | 5,0 |
| 6 | р. Кокши - КРД. Кокши 1971-2018 | Год | 2014 | 1988 | 2008 |
| | | Расход, м3/с | 546 | 480 | 443 |
| | | Обеспеченность, % | 1,4 | 3,3 | 5,5 |
| 7 | р. Чири - Кыгинский залив 1964-2018 | Год | 2014 | 1969 | 1988 |
| | | Расход, м3/с | 20,1 | 11,7 | 11,6 |
| | | Обеспеченность, % | 0,4 | 7,7 | 8,0 |
| 8 | р. Чулышман - с. Балыкча 1954-2018-4 | Год | 1969 | 2014 | 1976 |
| | | Расход, м3/с | 3580 | 2620 | 2280 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 3,2 | 6,8 |
| 9 | р. Катунь-с. Тюнгур 1957-2017 | Год | 1969 | 2014 | 1993 |
| | | Расход, м3/с | 4630 | 3210 | 2600 |
| | | Обеспеченность, % | 0,4 | 3,3 | 4,8 |
| 10 | р. Кокса - с. Усть-Кокса 1950-2018 | Год | 1969 | 1950 | 1993 |
| | | Расход, м3/с | 1240 | 755 | 742 |
| | | Обеспеченность, % | 0,3 | 6,7 | 7,3 |
| 11 | р. Большая Терехта - с. Терехта 1964-2018 | Год | 2014 | 1969 | 1973 |
| | | Расход, м3/с | 200 | 111 | 107 |
| | | Обеспеченность, % | 0,4 | 7,2 | 8,2 |
| 12 | р. Кучерпа - с. Кучерпа 1965-2018 | Год | 2014 | 1981 | 1978 |
| | | Расход, м3/с | 181 | 133 | 131 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 6,1 | 6,8 |
| 13 | р. Чуя - с. Белый Бом 1932-1974 | Год | 1959 | 1973 | 1969 |
| | | Расход, м3/с | 293 | 288 | 280 |
| | | Обеспеченность, % | 2,8 | 3,3 | 4,4 |
| 14 | р. Урсул - с. Онгудай 1936-2018 | Год | 2014 | 1936 | 1969 |
| | | Расход, м3/с | 291 | 218 | 200 |
| | | Обеспеченность, % | 0,3 | 2,0 | 2,9 |
| 15 | р. Сёма - с. Шебалино 1956-2018 | Год | 1973 | 2014 | 1959 |
| | | Расход, м3/с | 103 | 74,3 | 35,2 |
| | | Обеспеченность, % | 0,6 | 1,7 | 9,4 |
| 16 | р. Майма - с. Майма 1940-2018 | Год | 1958 | 2014 | 1969 |
| | | Расход, м3/с | 340 | 285 | 273 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 1,3 | 1,7 |
| 17 | р. Чарыш - с. Усть-Кумир 1933-2018 | Год | 1969 | 1950 | 1949 |
| | | Расход, м3/с | 1090 | 958 | 924 |
| | | Обеспеченность, % | 0,5 | 1,5 | 1,9 |

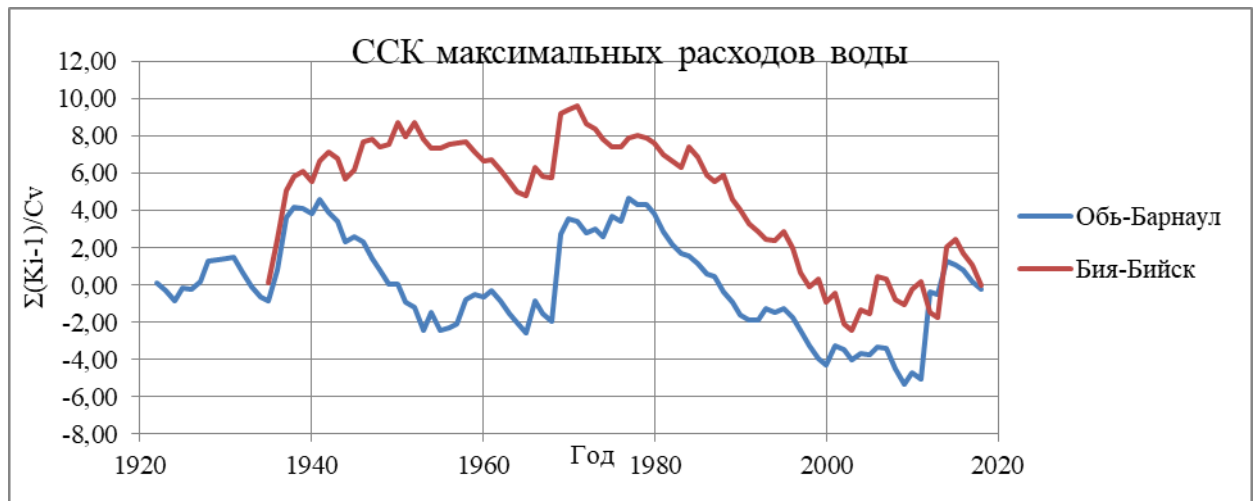


Рисунок 39 - Разностная интегральная кривая стока

Для определения тенденций в изменении режима 30-летних средних значений температуры воздуха и осадков (норма по рекомендации ВМО) были рассчитаны отклонения этих параметров за последовательные тридцатилетние периоды. Один из результатов представлен на рисунке ниже.

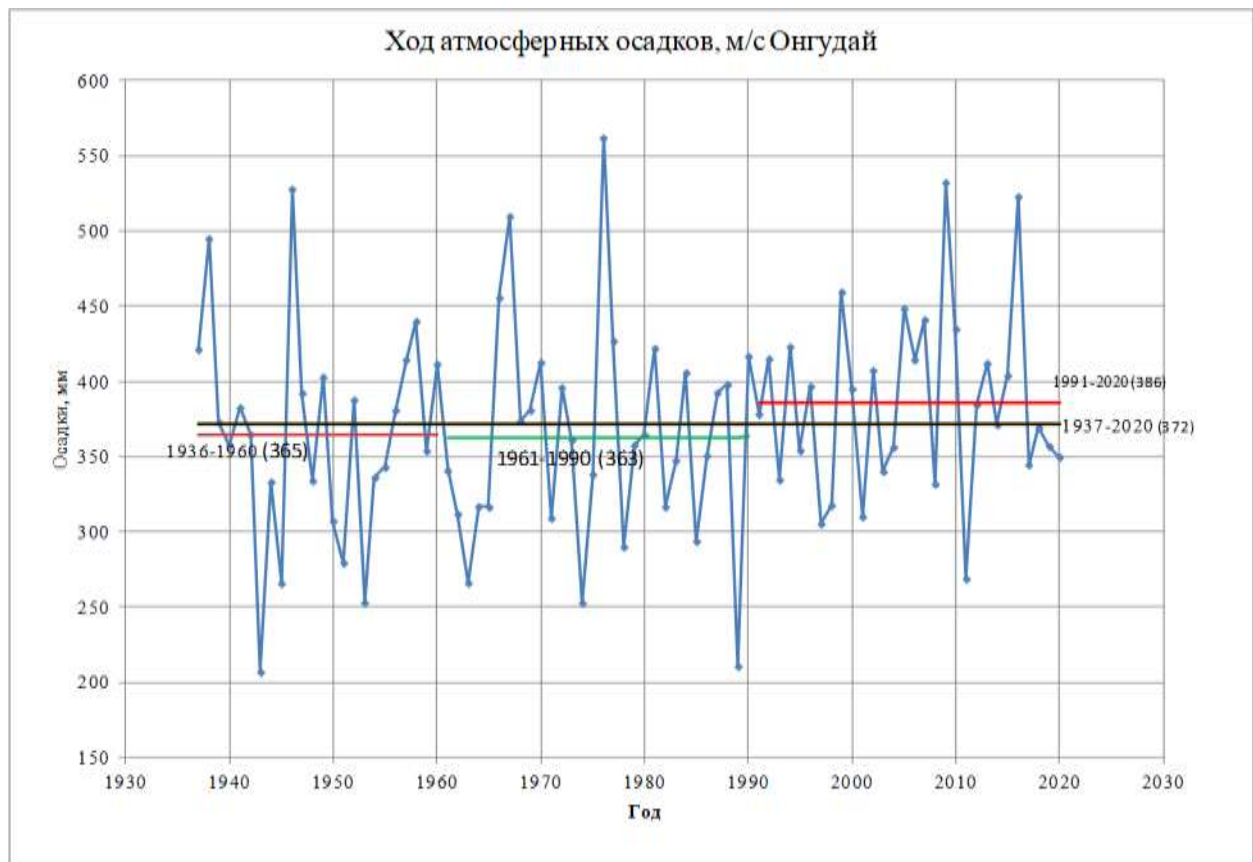


Рисунок 40 - Отклонения 30-летних средних значений температуры воздуха и осадков (норма по рекомендации ВМО) за последовательные тридцатилетние периоды

Распределение ветра в центральной части Западной Сибири зависит от основных циркуляционных факторов. В течение холодного периода эти районы в основном находятся между ложбиной исландского минимума и отрогом сибирского антициклона. Зимой преобладают южные и юго-западные ветры, летом господствуют ветры северных и северо-западных направлений.

Гидрологический режим рек почти полностью зависит от метеорологических условий. Для детального анализа таких зависимостей были рассчитаны базовые характеристики максимальных расходов воды для всех рек рассматриваемой территории, определены обеспеченности их реальных наибольших расходов (максимум максимум) за период наблюдений.

Анализ этих расчетов позволяет сделать предварительные выводы:

- самые большие фактические расходы на многих реках имеют обеспеченность менее 1 %;
- годы наступления таких расходов редко бывают одинаковыми даже для близко расположенных рек;
- преобладание атмосферной циркуляции формы W обычно обеспечивает большие снегозапасы в холодный период, дружную весну и многоводье.

Таким образом, На этапе выполнения темы в 2021 году были получены следующие запланированные результаты:

- Разработана структурная схема пространственно-временных метеорологических и синоптических процессов, определяющих масштаб опасных гидрологических явлений на территории юго-востока Западной Сибири.

- Проведены расчеты параметров кривых обеспеченности ($Q_{\text{сред}}$, C_v , C_s) и определены теоретические ординаты этих кривых для максимальных расходов рек на территории Новосибирской области, Алтайского края, Республики Алтай, Кемеровской и Томской областей (всего 159 створов). Определены обеспеченности для трех первых значений ранжированного ряда наблюдавшихся максимальных расходов по каждому из створов с использованием теоретических кривых обеспеченности Пирсона III. Пример приведен в таблице.

- Пополнен банк данных ежегодных средних месячных значений температуры и осадков по станциям на всей территории.

Более подробный анализ полученных данных будет произведен в следующем году в рамках этой же темы.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221120700156-1).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ТЕМА 1.2.7.

Разработка алгоритмов и технологии расширенной статистической обработки климатической и оперативной метеоинформации, численные оценки пространственно-временной изменчивости характеристик погоды (параметров атмосферы) во всем диапазоне метеорологических масштабов.

Переход от исследования фактических или прогностических метеорологических характеристик во времени, но в фиксированной точке (на станции, в узле сетки) к площадным данным в фиксированное время (картирование) требует смены алгоритмов доступа и переформатированию базы данных для сохранения приемлемой эффективности по времени компьютерной обработки. Соответственно, методология работы с данными в первом случае опирается на обработку одномерных временных рядов, а во втором варианте главным становится картирование и площадные либо линейные расчеты. Не исключаются и частичные пересечения двух подходов, например, может потребоваться кросс-корреляция двух или более временных рядов или временная динамика (двух или более сроков) для площадных картированных объектов.

Конечно, совместный анализ намного сложнее, чем каждый по отдельности, но в реальности изменения в атмосфере происходят во всех четырех измерениях взаимосвязано, и далеко не всегда чем-то из этой четверки можно пренебречь.

В этом проекте не рассматривается только вертикальная координата.

В развитие первой части исследований временной изменчивости в точке (на станции) (см. отчет по теме 1.2.7 за 2020 г.) были рассмотрены подробнее другие, ставшие весьма актуальными в силу высокой медийной значимости экстремальные статистические оценки (статистики) многолетних временных рядов метеорологических характеристик на примере температуры, станция 29638 Огурцово в г. Новосибирске, 8-срочные наблюдения за 50 лет в 1966-2015гг.

Использовался разработанный ранее алгоритм восстановления "отсутствующего" значения в каждой точке (срок) временного ряда кубическим сплайном по двум предшествующим и двум последующим срокам наблюдений. Далее эмпирически подбирались пороги для программного отнесения полученных разностей между фактом и сплайн-восстановлением либо к ошибке, которая исправлялась по знаку, десятичной цифре, или сплайну, либо к предупреждению, с которым надо работать более углубленно или игнорировать.

Очищенный таким образом временной ряд лишался если не всех, то большинства искусственных "экстремумов".

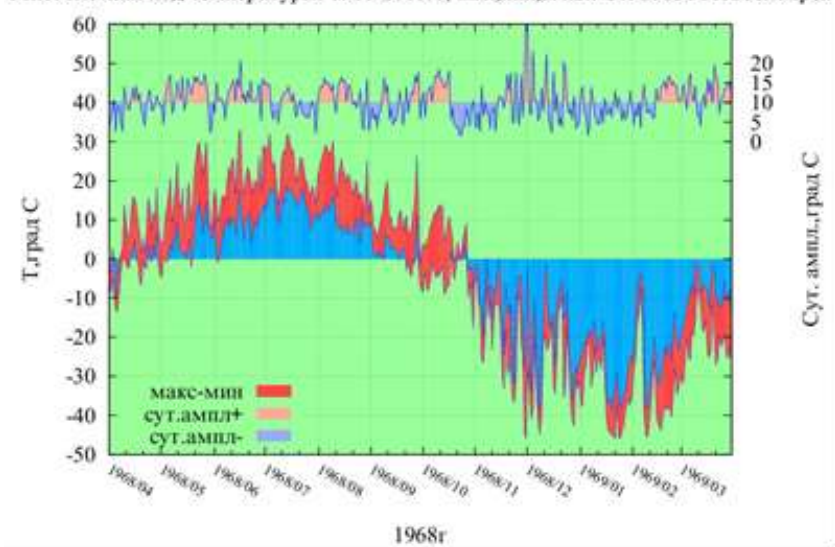
После этих процедур был рассмотрен действительно уникальный для региона экстремальный случай потепления из в целом аномально морозной зимы 1968-69 гг. За 27ч непрерывного потепления со срока 03UTC 01.12.1968 до срока 06UTC 02.12.1968 на ГМС 29638 Огурцово (Новосибирск) температура выросла на 44.5град, с -45.8 до -1.3град

На рисунке 41 – выдающаяся (по крайней мере, на юге Сибири) зима 1968-69 гг.

Бросаются в глаза не только экстремальные для Новосибирска морозы, но еще более экстремальные быстрые (1-3 суток) неоднократные колебания температуры с размахом более 40 градусов!

Зима 1975-76 годов (рисунок 42) по графику состояла из двух или даже трех "зим", причем, пики самых холодных первой и третьей разделяют 2 месяца и 2 мощных потепления, первое из которых продолжалось около месяца!

Многолетний ход температуры: 1966-2016гг, max,min,ампл. Ст. 29638 Новосибирск



Многолетний ход температуры: 1966-2016гг, max,min,ампл. Ст. 29638 Новосибирск

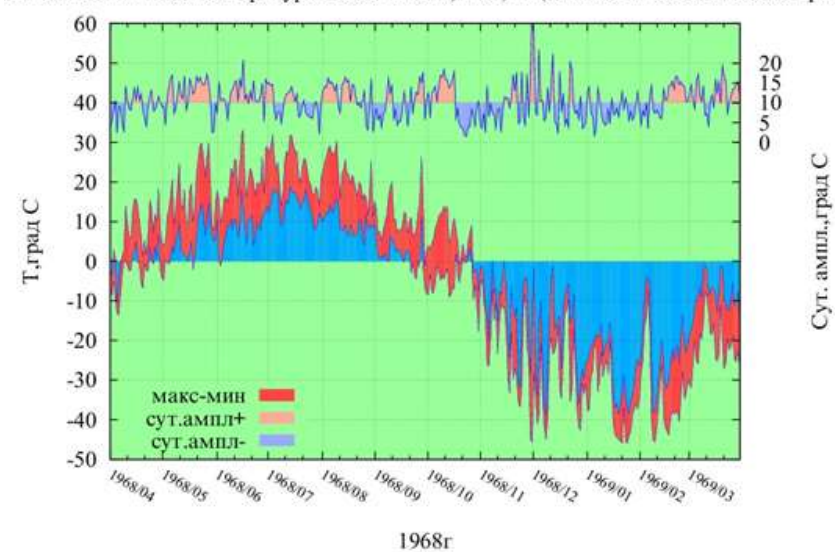


Рисунок 41 – Многолетний ход минимальной, максимальной температуры и её суточной амплитуды. Апрель 1968-март 1969

Многолетний ход температуры: 1966-2016гг, max,min,ампл. Ст. 29638 Новосибирск

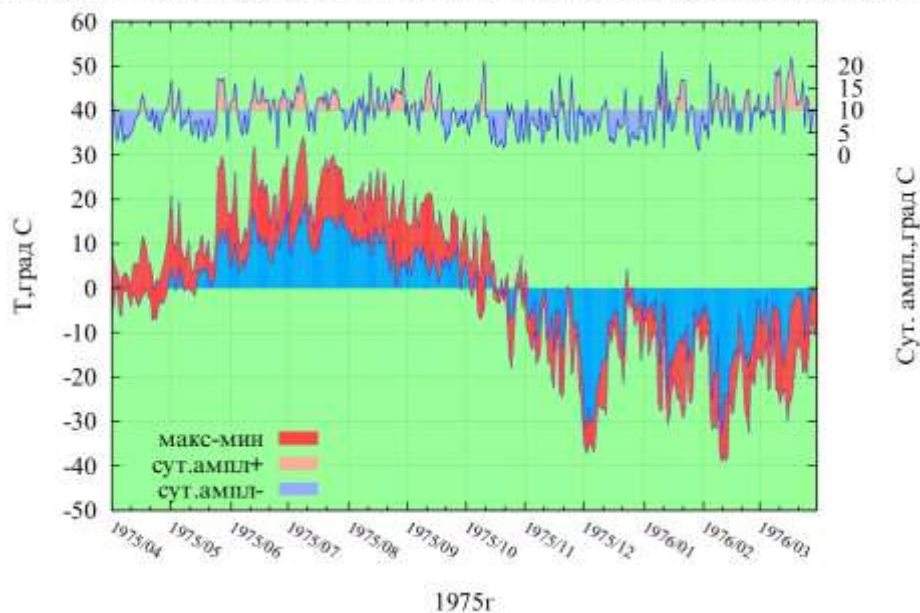


Рисунок 42 – Многолетний ход минимальной, максимальной температуры и её суточной амплитуды. Апрель 1975-март 1976

На комплексном графике "2021-tt29638-1966_2015-12.jpg" объединены масштабы колебаний температуры в Новосибирске от суток до полувека. Это нетривиальный пример демонстрации некорректности широкого использования средних, сомнительных "норм" и "экстремумов".

Масштабы колебаний температуры: 1966-2015гг, ГМС 29638 Новосибирск
 сред. $E(t)$, макс.(T_{max}), мин.(T_{min}), макс.суточная амплитуда(dT_{24max})
 3-х час. разности: макс.(dT_{3max}), мин.(dT_{3min})

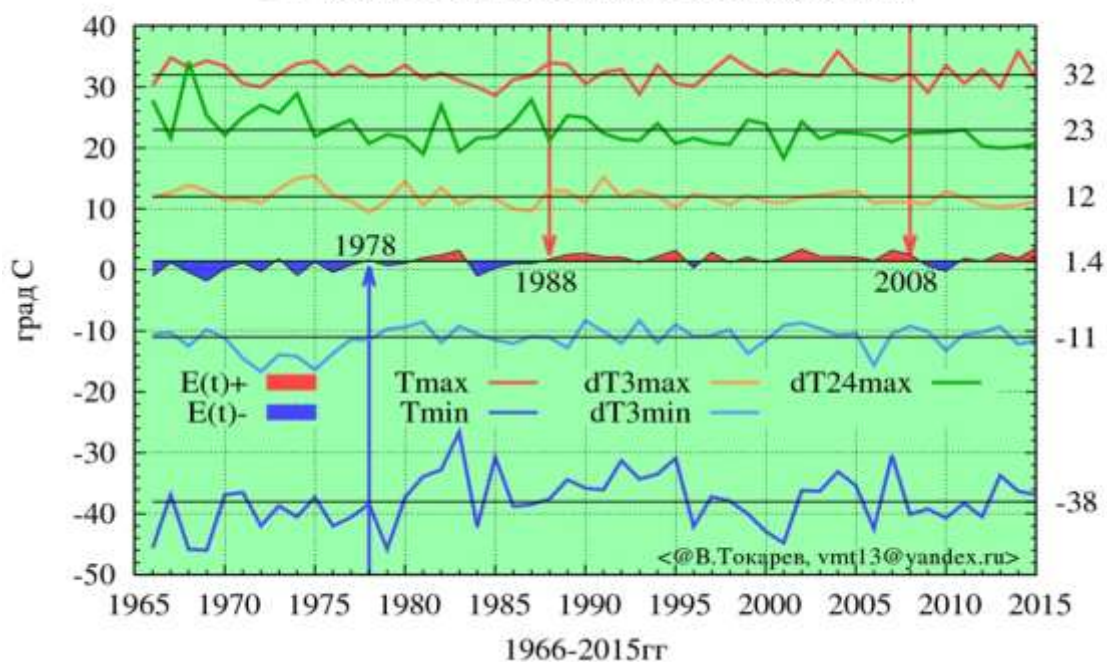


Рисунок 43 - колебания температуры в Новосибирске от суток до полувека

Несмотря на объективное отсутствие не только пространственной детальности фактических осадков, но и временной тоже, поскольку непрерывная регистрация интенсивности осадков на базовой сети не ведется, оставлять проблемы в "серой зоне" - неправильно. Нужны аккуратные и системные исследования для получения, мониторинга и периодического обновления всех доступных при статистической обработке вероятностных оценок неопределенности снизу (подсеточный масштаб в пространстве и во времени), детализированных по климатическим зонам, районам, процессам, явлениям и пр. Иначе - как можно пользоваться (интерпретировать) данными приведенного примера для, например, оценки угрозы подтоплений? Как рассчитать объем осадков на территории бассейна, водосбора реки, если разброс данных от 86 мм до 0?

Есть вопросы и к популярным медиаресурсам по непонятной, на грани дезинформации, интерпретации осадков. Это относится к теме "рекорды, экстремумы". Подача метеоинформации в виде "за сутки выпало треть, половина... или больше месячной суммы осадков". Такая информация, как минимум, обрезанная - неполная, а значит, может вводить и действительно вводит в заблуждение, склоняя к выводу о чем-то очень необычном, редком, опасно-стихийном. Истина же спрятана в отсутствующей простой климатической оценке - за сколько самых дождливых дней месяца накапливается, например, половина месячной суммы.

Вторая медийная если не хитрость, то точно некомпетентность связана с тем самым подсеточным масштабом в нашем примере. Вокруг Кемерово вроде бы не было сильных дождей? Значит это, и правда, странно, необычно, можно порассуждать на модные причинные экологические или глобально-климатические темы и пр. На самом деле, вероятность выловить сетевым (ГМС) "неводом" самый большой из локальных конвективных максимумов прошедших полусуток на территории в сотни километров стремится к нулю. Конечно, было и больше, чем на этой площадке с осадкомером, но где и на сколько - не знаем.

Выводы очевидны - к вероятностным процессам-явлениям надо относиться столь же доказательно, как и к прочим другим. Но для этого опять же нужны соответствующие оперативные вероятностные оценки по разработанным алгоритмам.

Приведем два разных примера формирования динамических пространственных температурных аномалий. Жара за полярным кругом и экстремальный фронтальный градиент температуры, за теплым фронтом 20.05.2021 09 ч.

Мощный майский меридиональный процесс забросил субтропический воздух в теплом секторе циклона к побережью Белого и Баренцева морей (рисунок 44). В результате сложения знаков адвекции и суточного хода температура в устье Печоры после прохождения теплого фронта резко повысилась до +30град и выше, оставаясь далее по

побережью на восток еще околонулевой в арктической воздушной массе. Максимальный фронтальный градиент определен по сети станций между Нарьян-Маром (+30 градусов) и мысом Константиновским (+1 градус), т.е. примерно 29 град/145км, что соответствует двойной системе теплых фронтов, фактически без промежуточной умеренной воздушной массы.

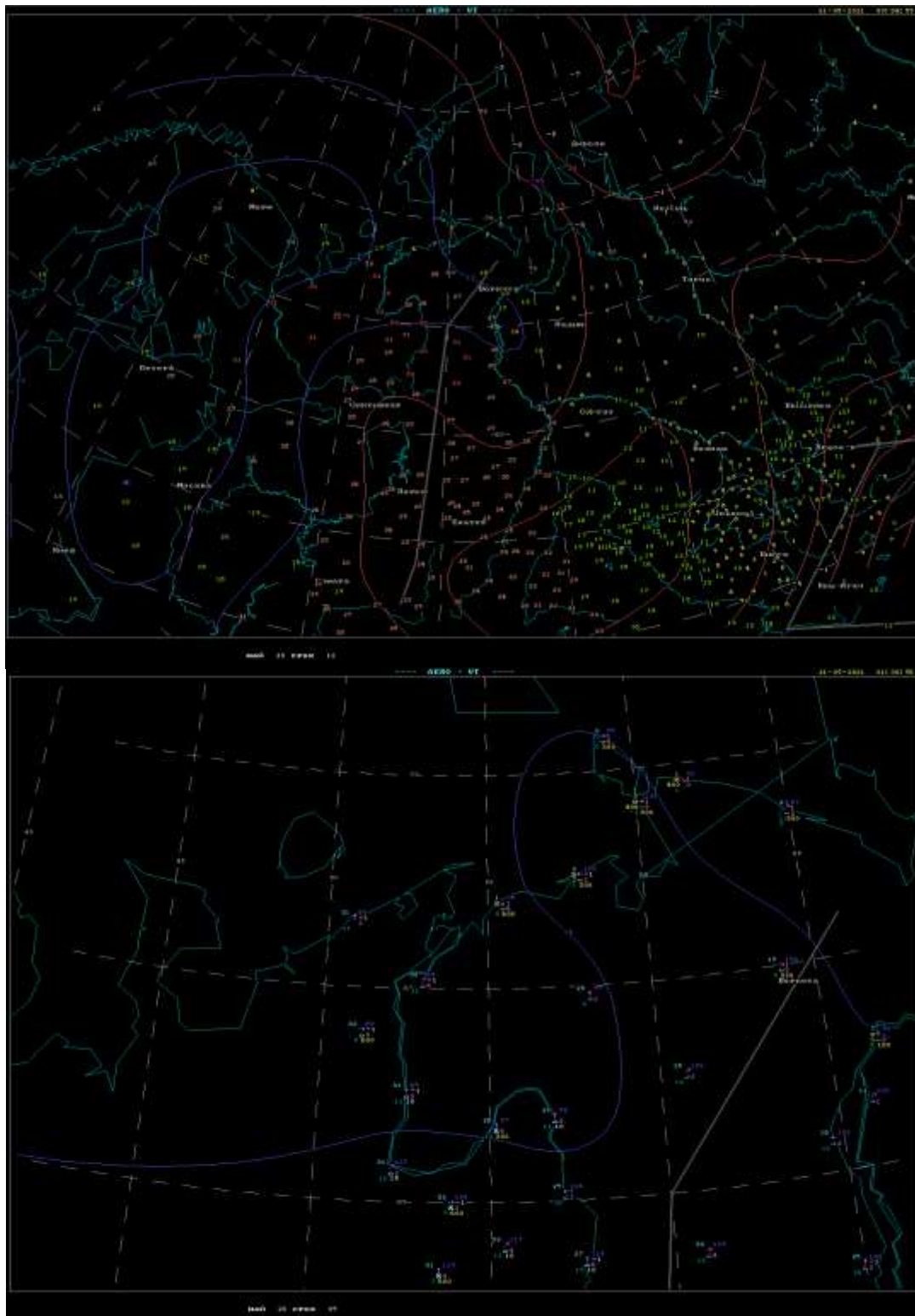


Рисунок 44– Приземная карта на 20.05.2021 срок 12ч (вверху)
и карта погоды на тот же день срок 09ч (внизу)

Меридиональная температурная аномалия 07.04.2020 09h - 08.04.2020 15ч.

Второй пример также связан с мощным меридиональным процессом, причем интерес представляют его последствия для двух разнесенных на более чем 3 тысячи км по меридиану районов. На рисунке 44 представлены карты развития циклона в течение двух суток в начале апреля, когда он поднимался по Ишиму, Иртышу и Оби практически строго на север, что само по себе не типично и занял не только всю территорию Западной Сибири, и часть соседних регионов. При такой траектории его теплый сектор поднимался по Западной Сибири на север до Полярного круга, и, хотя субтропический воздух не поднялся севернее центра Сибири, Норильску, хватило первого теплого фронта для оттепели (+4) после и так совсем слабого для апреля мороза (-3). А вот обратная сторона меридиональности оказалась гораздо резче, поскольку две мощные тыловые волны холода достигли на юге субтропиков, поменяв за сутки в Ташкенте "костюмные" +21 град на холодный дождь, перешедший в снег при нулевой температуре предлетнего ташкентского месяца. В результате ташкентцы вполне могли 8 апреля позавидовать норильчанам.

Эти примеры показывают масштабы и мощь меридиональных процессов, которые и формируют аномалии обоих знаков, заставляют таять Арктику и замерзать субтропики. Остается весьма трудная, если вообще выполнимая задача поиска баланса, тренда при сравнении высокоамплитудных колебаний и осознания ничтожности и малоценности всяческих средних, если только почти вся физика сосредоточена в огромной дисперсии (изменчивости).

Для уточнения и дополнения структурной схемы пространственно-временных метеорологических масштабов процессов, характеристик и явлений погоды были добавлены экстремальные климатические статистики:

1) T_{nx} - многолетний минимум суточных максимумов.

Интерпретация: самая низкая за n лет верхняя граница температуры заданных суток или месяца года.

Интерпретация для СМИ: в этот холодный день температура в пункте N не поднималась выше T_x градусов, что всего на $(T_x - T_{nx})$ градусов теплее, чем в $YYYY(T_{nx})$ году.

2) T_{nx} - многолетний максимум суточных минимумов.

Интерпретация: самая высокая за n лет нижняя граница температуры заданных суток или месяца года.

Интерпретация для СМИ: в эту теплую ночь температура в пункте N не опускалась ниже T_n градусов, что всего на $(T_{nx} - T_n)$ градусов холоднее, чем в $YYYY(T_{nx})$ году.

Сделаны также алгоритмические добавления: программно-алгоритмический поиск, исправление-предупреждение ошибок временного ряда температуры с помощью скользящего 4/5 точечного кубического сплайна.

Фильтрация случайных высокочастотных колебаний годового хода суточных экстремальных климатических статистик скользящим 10-суточным средним. Анализ многолетних трендов температуры частотной привязкой экстремальных сезонно-суточных

статистик к годам. Смещенная временная ось: 1 апреля - 31 марта для более наглядного представления годового хода.

Созданы варианты графического представления: совмещение суточно-годового хода температуры, с цветовым выделением холода, тепла и амплитуды; цветная цифровая наноска элементов на картах вместо градаций заливки как наглядный вариант специального анализа (направление ветра, температура, дефицит).

В результате в 2021 году были получены и реализованы программно алгоритмические дополнения к подготовке архивов наблюдений для выборки и вычислений экстремальных климатических характеристик, включая и неиспользуемые, по крайней мере, широко.

Все примеры обработки временных рядов и алгоритмические дополнения иллюстрированы специально подобранными графиками и картами как неотъемлемой частью анализа и получения новых результатов.

Пространственная мультимасштабная изменчивость температуры и осадков рассмотрена на трех примерах: макро, синоптического и мезо-конвективного масштабов.

В обоих случаях резких меридиональных процессов формировались южные волны тепла и тыловые холода с севера. А по аномально-экстремальным последствиям примеры сильно различаются. Двойная система теплого фронта с юга на побережье Баренцева моря дала экстремальные градиенты температуры в узкой прибрежной зоне. А огромный Западно-Сибирский циклон во втором случае разнес на 3000 км по меридиану положительную аномалию Таймыра и отрицательную - в субтропиках Средней Азии.

На разобранным примере массовых летних фронтальных осадков 10.07.2020 г. на низкогорной и холмистой предгорной территории Алтая – Кузбасса - Горного Алтая с привязкой расстояний картирована и показана пятнистость и неопределенность подсеточного масштаба поля 12-часовых сумм осадков даже на минимальных для ГМС расстояниях в 40-50 км. В целом продолжена работа получения сравнительных оценок масштабов изменчивости и их непосредственной связи с традиционным синоптико-климатическим анализом.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № ИКРБС 221121700135-3). Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

В целом по проекту 1.2 на этапе 2021 года работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Получено положительное заключение экспертизы РАН на объединенный промежуточный отчет по проекту 1.2 (рег. № ИКРБС 222011200256-3).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ПРОЕКТ 1.4.

Разработка технологии сверхкраткосрочного (до 12 ч) прогноза погоды опасных для авиации явлений в целях создания на территории Российской Федерации Регионального консультативного центра по опасным для авиации явлениям погоды.

ФГБУ «СибНИГМИ», ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «ДВНИГМИ»
(А.Б. Колкер, к.т.н.)

Тема 1.4.2.

Разработка технологий сверхкраткосрочного численного прогноза опасных для авиации явлений погоды в целях обеспечения безопасности полетов на территории Урала, Сибири и Дальнего Востока России.

1.4.2.1. (ФГБУ «СибНИГМИ»)

Разработка технологий сверхкраткосрочного численного прогноза опасных для авиации явлений погоды в целях обеспечения безопасности полетов на территории Урала, Сибири.

Создана экспериментальная технология прогноза зон грозовой активности для территории Урала и Сибири, построенная на базе физико-статистического постпроцессинга с элементами искусственного интеллекта и технологий глубокого обучения постпроцессинга, с привязкой к зонам прогнозирования FIR и основным транзитным воздушным трассам.

Создана база данных (обучающий и/или тестовый набор) за период 2014-2021 год (май-сентябрь), содержащая 66 параметров, рассчитанных на основе прогностических данных модели COSMO. База данных сбалансирована положительными и отрицательными случаями. База данных подана на регистрацию в установленном порядке.

Разработанный алгоритм позволяет масштабировать технологию, обученную на данных в узлах станций, на данные в узлах сетки. Разработанный алгоритм обеспечивает улучшенные целевые показатели. Сравниваются точность, полнота, F критерий по "строгому" временно-пространственному подходу: приводятся данные, полученные на обучающей выборке за 2014, 2015, 2016, 2021 годы и независимой тестовой выборке, составленной из наблюдаемых значений за 2017, 2018, 2019 годы. Строгий показатель предполагает истиной наличие явления в узле станции с разрешением модели (13.2) в 3-часовом временном интервале. Объем тестовой выборки 77331 случай.

Строгий процент попаданий "да" в точке для домена аналогичного CosmoSib 2.2 : 48%. Точность: 0.663, полнота: 0.9, F-критерий (сбалансированный) 0.767, что превышает показатели, полученные на используемых ранее решающих деревьях (использован также "строгий" критерий оценки):

строгий процент попаданий "да" в точке: 35%. Точность: 0.543, полнота: 0.875, F-критерий (сбалансированный) 0.67.

Анализ F-критерия показывает, что данный подход может быть использован для типичных физико-географических кластеров Сибири (рис. 45).

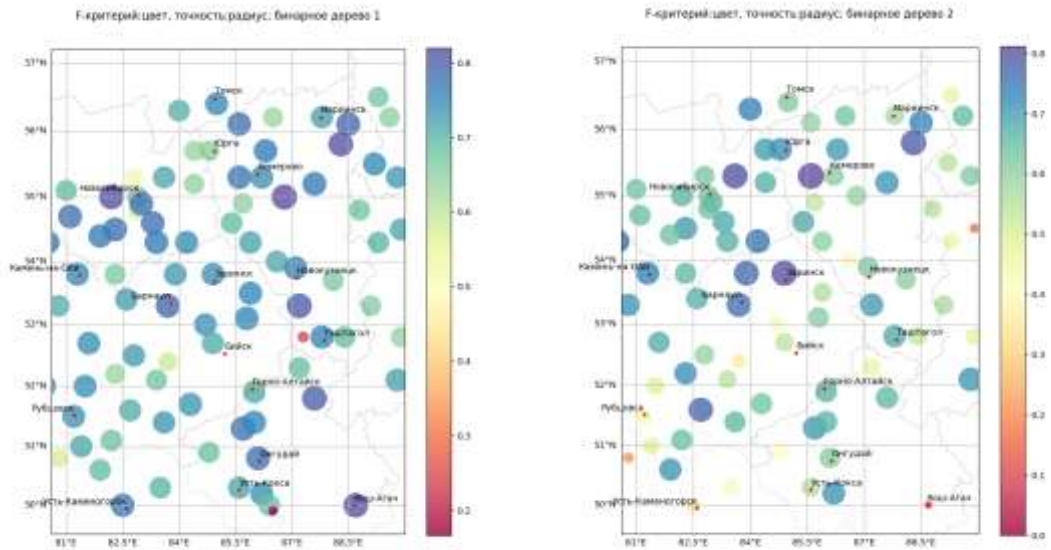


Рисунок 45 (а) - Географическое распределение точности и F критерия для различных подходов

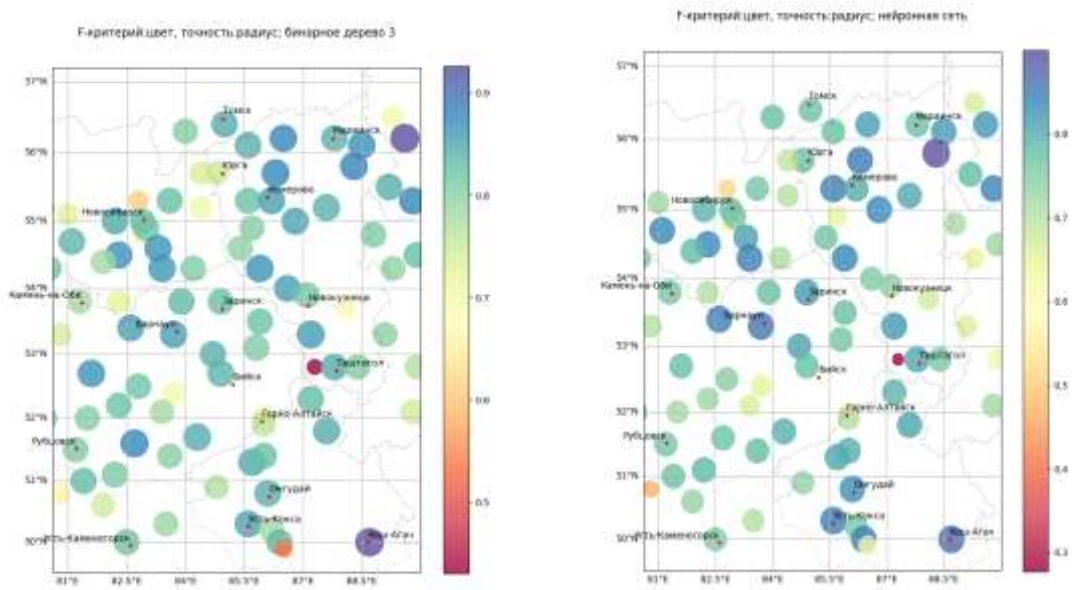


Рисунок 45 (б) - Географическое распределение точности и F критерия для различных подходов

Проведено сравнение с доступными данными грозопеленгации и самолетными наблюдениями (Airer Special).

Решающие деревья, ансамбль случайного леса и нейросети дают сравнимые показатели качества, при этом нейросеть показывает наилучшую вероятность обнаружения, тогда так классификатор, построенный на основе случайного леса,

обеспечивает лучший баланс точности/полноты. Ансамблевый метод обеспечивает наилучшие интегральные характеристики.

Известно, что количество элементов обучающей выборки существенно влияет на качество распознавания и классификации объектов. Однако успешность построения классификатора также в существенной степени зависит от балансировки классов объектов в обучающей выборке. Изменение коэффициента балансировки положительных и отрицательных образцов существенно влияет на качество распознавания. В рамках исследования был проведен вычислительный эксперимент, в котором в процессе обучения положительные или отрицательные значения прореживались с набором шагов. Результаты вычислительного эксперимента приведены на рисунке 46. Отрицательные значения оси абсцисс соответствуют случаю прореживания положительных образцов (т.е. для обучения берется каждый $-(k+1)$ случай “Да”: выборка переопределена отрицательными случаями). Положительные значения оси абсцисс соответствуют прореживанию отрицательных образцов (берется каждый k -й случай “Нет”: выборка недостаточно определена отрицательными случаями). За 1 берется вариант обучающей выборки, соответствующий коэффициенту балансировки 4.7 : 1

Вычислительный эксперимент показывает существенную зависимость успешности результата от балансировки количества положительных и отрицательных образцов. На рисунке используются сокращения: NN - нейронная сеть, DT - бинарное дерево, ET- ансамблевое бинарное дерево, RF- случайный лес. Суффикс в легенде на рисунке 47 означает: Y - соотношение числа верно детектирования случаев ко всем фактам грозы, F- F-критерий, False- число ложных тревог. Эксперимент для ансамблевого метода не проводился, однако характер кривых на рисунке 46 показывает, что его результаты не будут кардинально отличаться от индивидуальных результатов из-за схожести зависимостей.

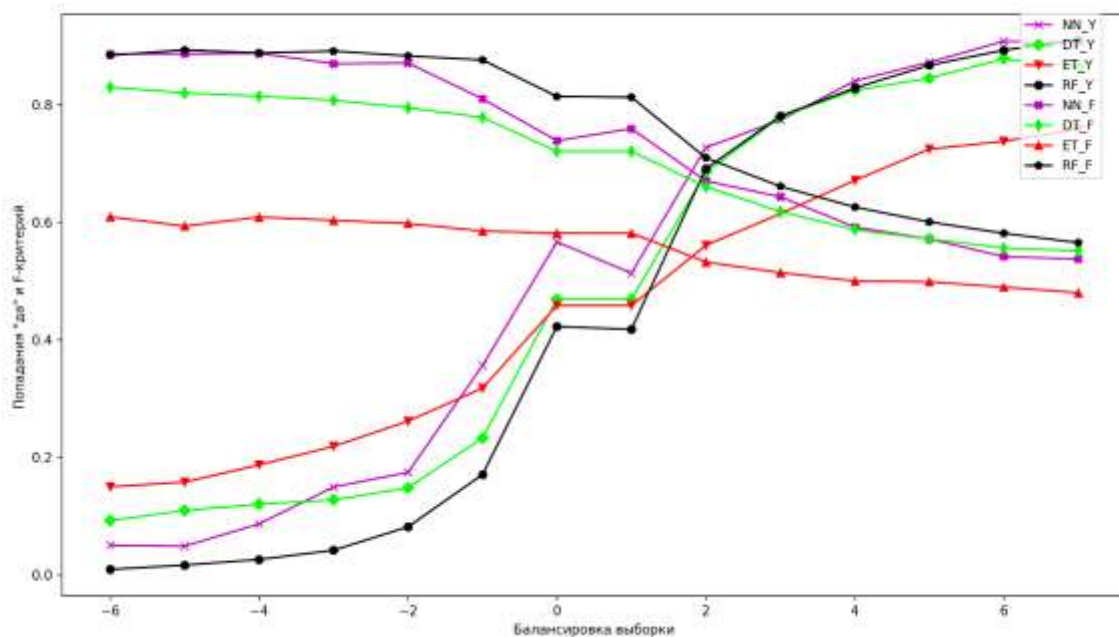


Рисунок 46 - Зависимость успешности детектирования признака “гроза” и F-критерия от балансировки обучающей выборки

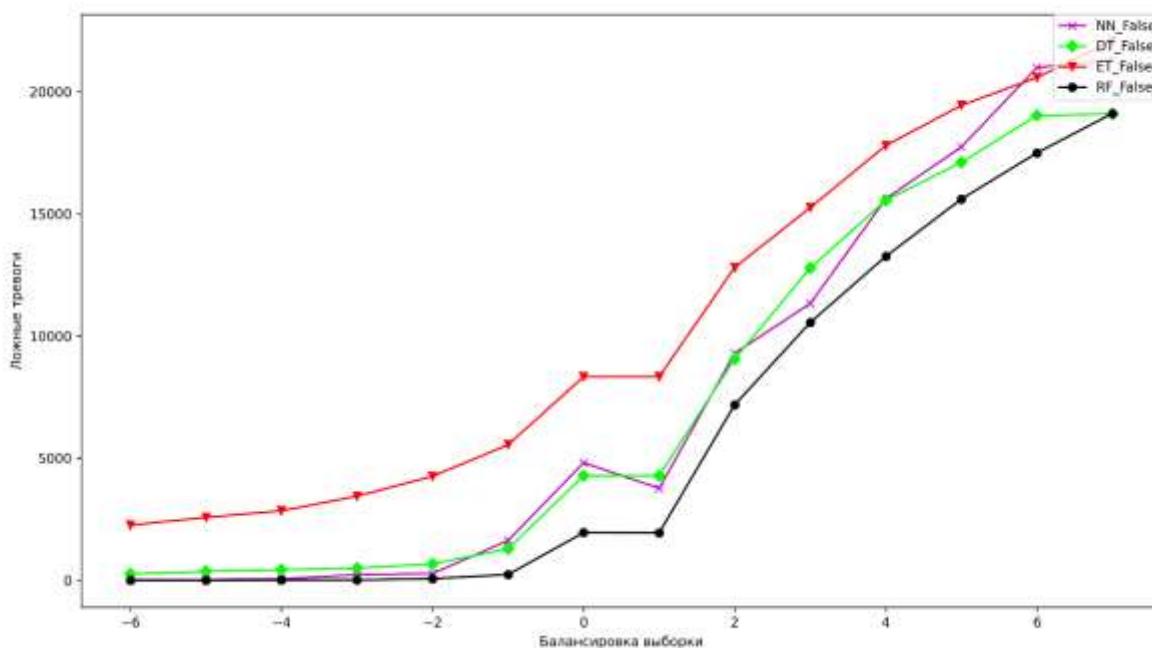


Рисунок 47 - Зависимость количества ложных тревог детектирования явления “гроза” от балансировки обучающей выборки

Анализируя приведенные результаты, можно сделать вывод, что наиболее успешный классификатор для всех приведенных моделей машинного обучения для рассматриваемой задачи может быть получен при формировании обучающей выборки с балансировкой случаями “нет/да” в диапазоне от 8:1 до 2:1 и соответствует точке перегиба характеристик. Недостаточное наполнение обучающей выборки отрицательными

образцами приводит к существенному увеличению количества ложных тревог, в то время как переопределение ими приводит к лавинообразному понижению предупрежденности. Все исследуемые алгоритмы показали схожую чувствительность к балансировке обучающей выборки. Таким образом, показана роль балансировки классов объектов при формировании выборки для тренировки алгоритмов машинного обучения. Показано, что балансировка признаков имеет одинаковое значение как для бинарных решающих деревьев, так и для алгоритмов, построенных на базе нейронных сетей.

Разработаны технологические решения доведения информации до потребителей в виде картографической продукции, построенной с использованием современных средств визуализации данных. Визуализация результатов прогноза грозовой активности может быть выполнена в виде представления мультиполигональными или плиточными слоями, что также хорошо ложится в концепцию привязки к FIR зонам и основным воздушным трассам (в данном случае достаточно посчитать пересечение мультиполигонов). Особенностью разработанного подхода является то, что на выходе можно получить вероятность явления, которая может быть приведена к трехступенчатым градациям вероятности явления (слабая FBL, умеренная MOD, сильная SEV) (Рис. 48). Для построения полигонов используется библиотека Matplotlib, а в качестве платформы визуализации- векторная гис MapServer.

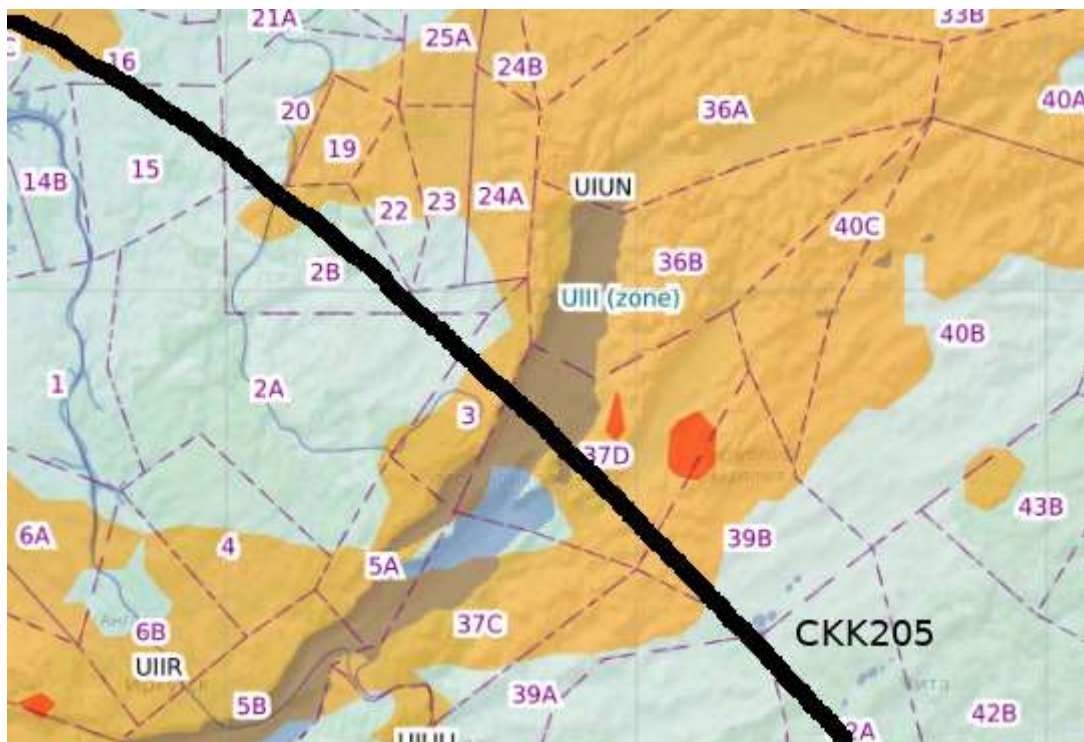


Рисунок 48 - Мультиполигональная визуализация географических областей и полетного трека с использованием векторной ГИС MapServer

Основную сложность представляет собой технология визуализации на одном поле "вероятности явления в радиусах", когда таких радиусов более одного (в точке, в радиусе 50,100,150 км), хотя, разумеется, послойное предоставление этой информации не вызывает особых сложностей. Как показала практика, решение может быть только траекторным, т.е. привязанным к определенной траектории (рис. 49), когда вдоль траектории будет нанесен коридор маркеров типов заливок, соответствующих заданным допускам. Внутренний контур отражает класс вероятности возникновения явления в радиусе R50. Внешний контур отражает класс вероятности возникновения явления в радиусе R100. Пример показывает пересечение потенциальной зоны грозовой активности. Данные также могут быть дополнены максимальной прогнозируемой высотой облачности (Htop). Подобный механизм также возможен и как API запрос - ответ, когда заинтересованные организации обращаются за получением информации на специализированный сервис (например, REST API) и получают пакет метеорологической информации вдоль предполагаемого трека в виде двоичной, текстовой и графической информации. Используя данный подход и базирясь на данных, которые ответит сервис, пользователи (авиакомпания) смогут также использовать первичные данные в собственных бизнес- процессах.

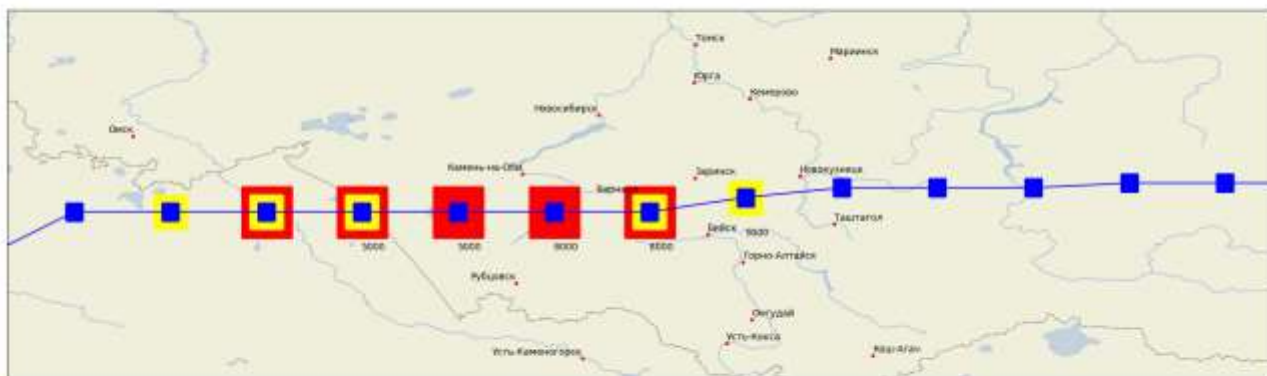


Рисунок 49 - Отображение данных о грозовой активности в узлах полетного трека с указанием зоны

Технология отображения, согласуется с принятой в проектах ФГБУ «СибНИГМИ» концепцией обмена данными с ГИС системами посредством создания буферных ESRI Shape файлов и ложится в функциональные возможности векторной ГИС MapServer. Таким образом, в процессе выполнения работ этапа 2021 года был создан метод и технология для прогнозирования ОЯ - грозовая активность вдоль воздушных трасс и отдельных треков. Метод базируется на комбинации подходов машинного обучения - бинарных решающих деревьев и нейронной сети. Были созданы технологические и

методологические решения по визуализации данных, используя трассовый подход. Предложен и протестирован механизм реализации сервиса посредством API. По результатам работ было сделано 2 доклада (Рабочая группа WG4 COSMO, юбилейная конференция 50 лет СибНИГМИ), зарегистрировано 2 РИД (свидетельство о регистрации ПО и БД), опубликована 1 статья.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный отчет (Рег. № 221121700298-5).

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

Как головной НИУ СибНИГМИ аккумулировал результаты работ всех трех институтов – разработчиков НИР: ГМЦ РФ, ДВНИГМИ, СибНИГМИ.

На объединенный промежуточный отчет за 2021 г. по проекту 1.4 (Рег. № ИКРБС 221122200134-8) получено положительное экспертное заключение РАН.

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

НАПРАВЛЕНИЕ 2.

Развитие системы наблюдений за состоянием окружающей среды и развитие технологий сбора, обработки, контроля, архивации, распространения и управления данными наблюдений

Научный организатор (куратор): И.А. Шумаков (руководитель Росгидромета)

Заказчик – координатор, ответственный за реализацию: УГСН (И.А. Евдокимов)

Созаказчики: УМЗА (Ю.В. Пешков, А.В. Быстратович), УГСН (К.Ц. Литовченко, к.ф-м.н.)

ТЕМА 2.6.

Развитие и модернизация технологий ведения (включая технологии обеспечения пользователей) Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении.

Раздел СибНИГМИ: Банки данных характеристик периодов неблагоприятных гидрометусловий (режима осадков, температурно-влажностных и др.), показатели оценки изменчивости их пространственно-временной структуры и формирующих их циркуляционных условий – для изучения оценки на их примере изменения климата в региональном аспекте, для улучшения гидрометобеспечения на юго-востоке Западной Сибири.

Ожидаемый результат на 2021 год для ФГБУ «СибНИГМИ»

Показатели пространственно-временной изменчивости полученных характеристик увлажнения.

Полученный результат.

В соответствии с целями и задачами проекта и согласно плану в 2021 году выполнялись исследования по разработке методологии для оценки показателей пространственно-временной изменчивости характеристик, и производилась указанная оценка.

Работа выполнялась на материале созданных (по специально разработанной в исследовании методологии) «Банков данных» характеристик изучаемых периодов», дополненных расчетами значений показателей ГТК (как индикаторов температурно-влажностного режима периодов).

Для расчетов и анализа указанных показателей взяты в качестве «исходных»:

- а) Банки данных периодов наличия осадков (дождливых периодов),
- б) Банки данных периодов недостаточного увлажнения.

Указанные «Банки...» получены в 2019 г., они созданы отдельно для рядов изучаемых периодов с пороговыми значениями длительности от 1 дня, от двух дней, от трех дней.

Для выполнения расчетов создано (также специально в данном исследовании), «Техническое задание», включающее указание об использовании конкретных «Банков данных» в качестве «исходных», алгоритмы, этапы и макеты расчетов, количество станций и т.д. Расчеты выполнялись в два этапа - предварительно на минимальном числе станций - для уточнения методологии всего объема расчетов, затем с использованием существенного количества станций.

Расчеты показателей пространственно - временной изменчивости проведены и получены также с учетом указанной выше структуры «Банков...» для рядов нескольких пороговых значений длительности периодов от 1, 2-х, 3-х дней (периоды наличия осадков), дифференцированно для разных градаций сумм осадков за каждый период.

Расчеты показателей повторяемости изменчивости ГТК проведены и на материале «Банков данных периодов недостаточного увлажнения. Уместно напомнить, что при определении указанных периодов (в соответствии с критериями), учитывается определенное количество осадков, не прерывающее «сухой» период. Они получены для разных градаций длительности и количества осадков в эти периоды.

Полученные значения пространственно-временной изменчивости ГТК рассчитаны в нескольких форматах:

а) в среднесезонном, то есть в среднем за весь исследуемый теплый период; б) по месяцам изучаемого теплого периода выявляющем сезонные особенности, указанной изменчивости с помощью графической интерпретации результатов расчетов (построены несколько наборов графиков).

Расчеты повторяемости осредненно по областям помогают выявить свои особенности в каждой части региона.

Расчеты по существенному числу станций позволяют применить картографическую интерпретацию для анализа территориальных особенностей рассматриваемой изменчивости. Построено несколько серий карт (на основе разработанного

«полуавтоматического способа картирования»), с учетом указанных ранее пороговых значений периодов, градаций их длительности и интенсивности.

На основе разработанной методики проведены в указанных периодах расчеты повторяемости значений ГТК по месяцам по остальной части региона.

На основе полученной в работе методики проведены расчёты повторяемости значений ГТК (в изучаемых периодах) по месяцам по остальной части региона. При этом расчеты повторяемости проведены в двух вариантах: а) процент по отношению к общему числу случаев на каждой станции, б) по числу случаев внутри каждого месяца,.

Проведена также картографическая интерпретация полученных табличных данных повторяемости по месяцам, учитывая полученные ранее указания на территориальные особенности полученной повторяемости. В настоящее время проводится подготовка «электронных» вариантов полученных карт. Приводим пример из серии полученных карт.

Проведен также графический анализ изменения по месяцам рассчитанных данных по повторяемости значений ГТК в изучаемых периодах, выявляющий определённые сезонные особенности указанной изменчивости. В качестве примера приводим один из графиков.

Таким образом, на основе полученных в исследовании «Банков данных...» рассчитаны и проанализированы показатели пространственно-временной изменчивости повторяемости ГТК (в изучаемых периодах). Результаты получены в виде табличного материала, по станциям региона и осреднённо по областям региона. Расчёты проведены в нескольких временных интервалах – среднесезонно и по месяцам, для разных значений сумм осадков и длительности периодов, для периодов дождливых и недостаточного увлажнения.

Картографическая интерпретация всех указанных видов расчетов позволяет проследить и выявить территориальные особенности указанной изменчивости (рис. 50).

Графический анализ расчетов повторяемости по месяцам позволяет выявить сезонные особенности изменчивости (рис. 51).

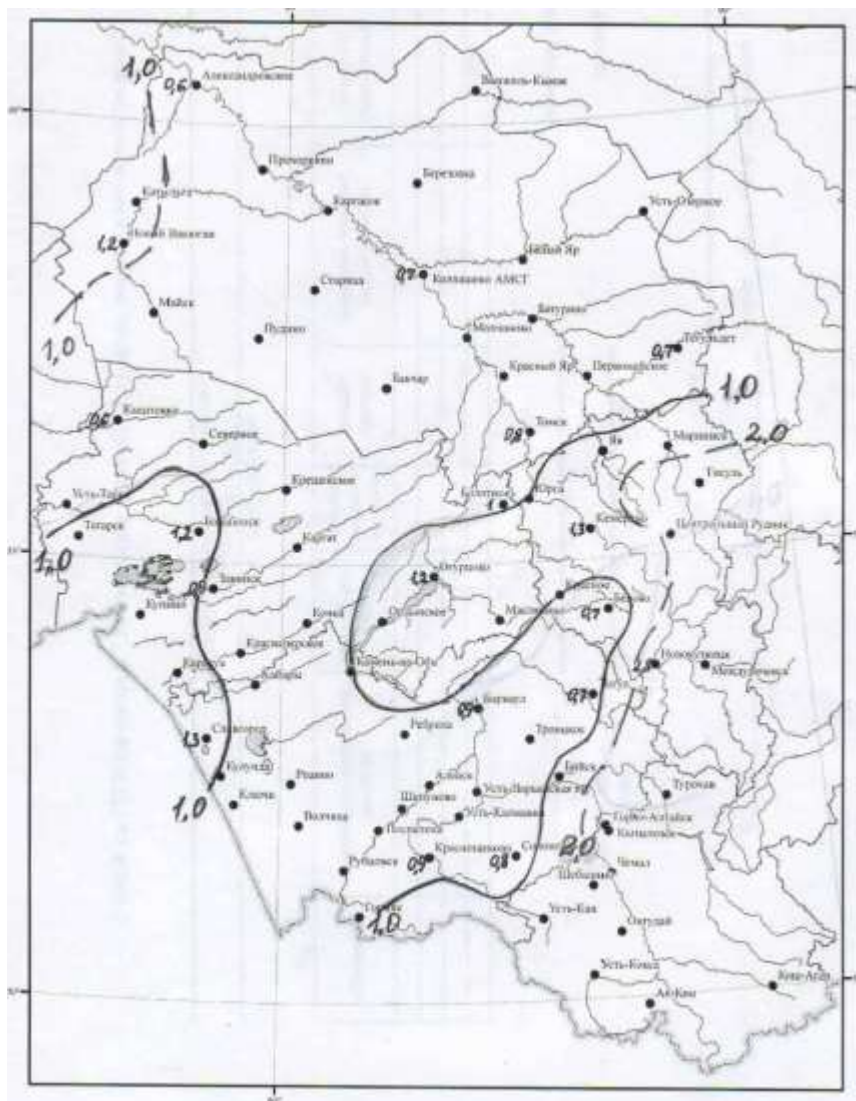


Рисунок 50 – Повторяемость значений ГТК 1,1-1,3 мм по отношению к общей сумме случаев по данной станции по месяцам, для периодов наличия осадков, длительностью от двух дней, для периодов всех градаций сумм осадков. МАЙ.

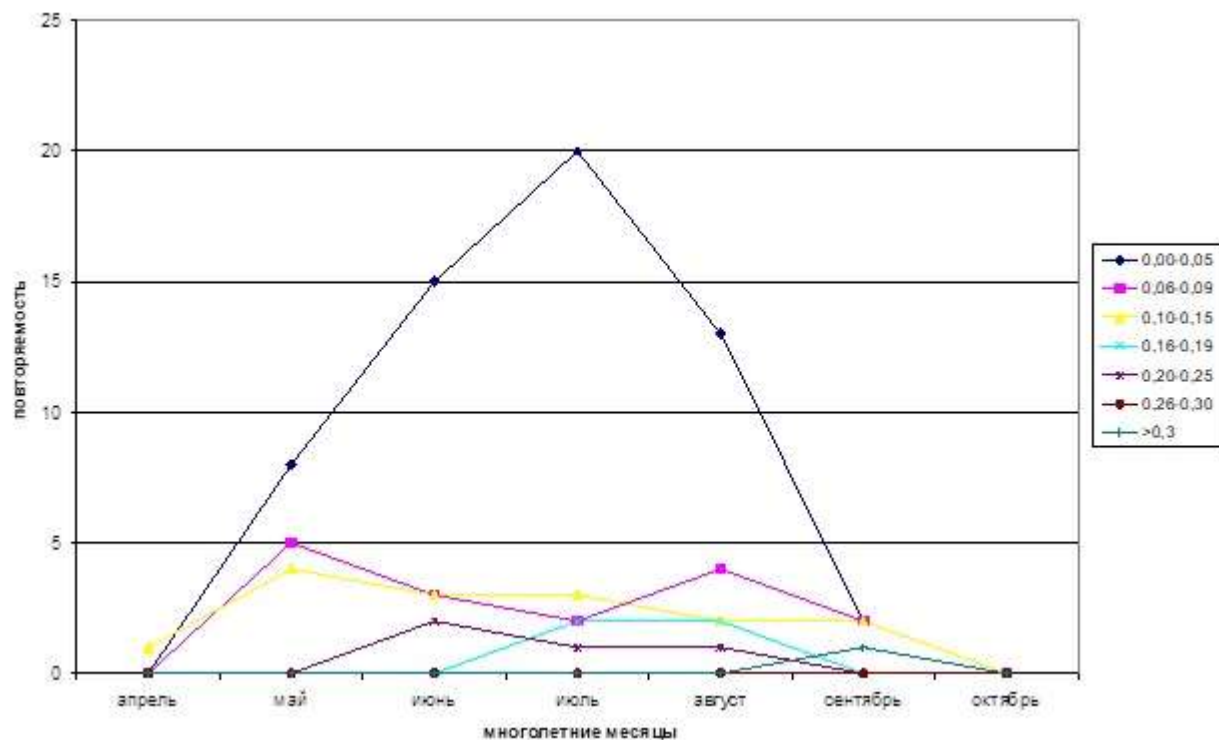


Рисунок 51 – Изменение по месяцам повторяемости (% от числа случаев на данной станции) значений ГТК в периодах недостаточного увлажнения для периодов всех градаций длительности, по ст. Тегульдет

В соответствии с целями и задачами исследования, в работе обоснована необходимость и целесообразность оценки показателей пространственно временной изменчивости, особенно в условиях изменения климата, то есть его неоднородных проявлений в разных масштабах, (в том числе региональном и локальном), в условиях отмечаемого (возможного) увеличения числа экстремальных, то есть неблагоприятных для отраслей хозяйства гидрометусловий. Целесообразно расширение ареала климатических характеристик, индикаторных параметров и показателей, недостаточно использовавшихся в таких разработках ранее, детализированных показателей рассматриваемых характеристик непосредственно для данного региона.

Поэтому изучение особенностей изменения климата важно ещё и потому, что эти особенности должны быть учтены: а) в стратегии развития ряда отраслей экономики страны, б) послужить одной из основ оценки возможного наличия указанных выше гидрометусловий, то есть обеспеченности региона влагоресурсами, а также уточнения проявлений изменений климата.

Исследование выполнялось на основе созданного автором в 2020 г. банка данных периодов, разного режима осадков, сформированных с привлечением дополнительных показателей температурно-влажностного режима (в качестве которого принят к использованию показатель ГТК Селянинова), количественно характеризующий степень

увлажненности (засушливости) на основе специальной методики его расчёта и применения в данной работе. Указанные «Банки данных», в свою очередь, созданы на основе наработок автора на предыдущих этапах цикла исследований, где основное концептуальное условие – сохранение непрерывно метеорежима в течение определенного промежутка времени, создающее предпосылки к возникновению неблагоприятных гидрометусловий.

Создана методика расчёта изучаемых характеристик, изложенная в «Техническом задании» (подготовленном в формате «внутрипроектного» документа для конкретной работы), в котором разработаны этапы и макеты для расчета распределения повторяемости значений ГТК в соответствии с параметрами изучаемых периодов.

Расчеты, проведенные в два этапа - сначала на основе «единичных» станций, а затем с использованием увеличенного («оптимального») их количества, дают возможность получить адекватные результаты во всех природных зонах региона.

Учитывая структуру «Банков данных периодов с разным режимом осадков, дополненных значениями показателя ГТК», расчёты дают возможность получить результаты для «дождливых» периодов – с разными пороговыми значениями длительности, то есть для разных частей указанного выше «Банка данных...».

Расчеты для периодов недостаточного увлажнения при разных значениях их длительности и сумм осадков за период (учитывая «допустимое» количество осадков по критерию), дают возможность получить достаточно дифференцированные результаты.

Расчёты, проведенные в разных территориальных масштабах – по станциям региона и осреднённо по областям, входящим в зону обслуживания Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Западно-Сибирское УГМС), дают возможность выявить пространственные особенности изменчивости значений ГТК в изучаемых периодах.

Несколько временных интервалов расчетов (среднепогодные (средне-сезонные), по месяцам) дают возможность проанализировать временные (долгопериодные) и сезонные особенности изменчивости значений показателя ГТК.

Учитывая предварительные указания об определённых различиях рассматриваемой повторяемости в разных частях региона, примененный картографический аспект анализа (на основе разработанного способа, названного «полуавтоматическим») позволяет проследить и выявить территориальные особенности изменчивости.

Графический анализ расчётов повторяемости по месяцам позволяет проиллюстрировать сезонные особенности изменчивости.

Необходимо заметить, что реализующийся в работе подход – анализ конкретных периодов наличия осадков совместно с привлечением показателя ГТК - не имеет аналогов (во всяком случае, для данного региона), и поскольку он основан на дифференцированных

(детализированных) данных, то может представлять определенный дополнительный методический интерес при оценке агроклиматических ресурсов региона.

Поскольку результат, полученный при анализе распределения значений ГТК в периодах недостаточного увлажнения – 0,0-0,05 (градация «сильная засуха»), то периоды недостаточного увлажнения, определённые по «специальному» критерию с достаточной степенью обоснованности, могут являться индикаторами «засушливости». Длительность периодов поэтому может быть параметром при определении степени «экстремальности» непрерывных периодов недостаточного увлажнения.

Результаты, запланированные на 2021 год, достигнуты. Подготовлен промежуточный отчет по теме, зарегистрирован в ЕГИСУ (рег. № ИКРБС 222012500008-2). Отчет передан главному исполнителю во ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

НАПРАВЛЕНИЕ 6

Геофизические исследования. Технологии активных воздействий на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления

Научные организаторы (кураторы): А.Ю. Репин, д.ф.-м.н. (ФГБУ «ИПГ»), А.М. Малкарова, д.ф.-м.н. (УГСН)

Заказчик – координатор, ответственный за реализацию: УГСН (К.Ц. Литовченко, к.ф.-м.н.) Созаказчик: УГСН (И.А. Евдокимов)

ТЕМА 6.1.

Раздел ФГБУ «СибНИГМИ». Глобальная атмосферно-ионосферная модель на высотах страто-мезо-термосферы расчета концентраций, температуры нейтральных и заряженных частиц, циркуляции, распространяющихся из тропосферы планетарных волн для использования в СМГФО.

Ожидаемый результат на 2021 год.

Модель состава и теплового режима стратосферы и мезосферы, глобальной динамики озонного слоя.

Полученный результат.

Разработана трёхмерная нестационарная модель состава, теплового режима стратосферы и мезосферы и глобальной динамики озонного слоя на высотах 10-300. Такая высота верхней границы минимальна для данного варианта модели, но необходима для корректного задания граничных условий.

Рассчитываются концентрации основных компонент N_2, O_2, O и малых составляющих $O_2(^1\Delta_g), O_2(^1\Sigma_g^+), O(^1D), O_3, H_2, H_2O, H, OH, HO_2, H_2O_2, N_2O, HNO_3, N_2O_5, N, N(^2D), NO, NO_2, NO_3, CH_4, CH_3, CH_3O_2, CH_3O, CH_2O, CHO, CO, CO_2$.

Для корректного учета молекулярной и турбулентной диффузии, ветрового переноса образованы группы нечетного кислорода $O_x = O + O_3$, водорода $HO_x = H + OH + HO_2$, и азота $NO_x = N + NO + NO_2 + NO_3$. Циркуляция рассчитывается с учетом распространяющихся из тропосферы планетарных волн с источником на нижней границе модели.

Фотохимия азотных составляющих тесно связана с ионной фотохимией, поэтому рассчитываются концентрации молекулярных ионов O_2^+, N_2^+, NO^+ . Концентрация O^+ задается по модели Chiu75. Источником ионизации и диссоциации являются солнечное излучение в интервале (3.1 – 850) нм, быстрые фотоэлектроны, высыпающие в высоких широтах электроны и в стратосфере космические лучи.

Источники нагрева атмосферы: термализация электронов на атомах и молекулах, тушение возбужденных атомов и молекулах кислорода, поглощение озоном солнечного излучения в полосах Хартли, Хаггинса, Чаппюи и O_2 в континууме Герцберга, диссоциативная рекомбинация молекулярных ионов и экзотермические химические реакции. Основной вклад в охлаждение вносит излучение O на 63 мкм, CO_2 на 15 мкм, NO на 5.3 мкм и в меньшей мере излучение озона на 9.6 мкм и водяного пара на 80 мкм.

Концентрации нейтральных составляющих атмосферы n_i находим из решения уравнений непрерывности

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + \text{div}(n_i \mathbf{v}_i) = \frac{\delta n_i}{\delta t}, \quad \frac{\delta n_i}{\delta t} = Q_i - L_i n_i, \quad (1)$$

$\mathbf{v}_i = \mathbf{v} + \mathbf{u}_i$, $\mathbf{v} = \frac{1}{\rho} \sum m_i n_i \mathbf{v}_i = \frac{1}{\rho} \sum \rho_i \mathbf{v}_i$ есть среднемассовая скорость нейтрального газа, \mathbf{u}_i - диффузионная скорость, причем

$$\sum \rho_i \mathbf{u}_i = 0.$$

Наибольшие сложности в реализации численной модели представляет расчёт концентраций нейтральных компонентов атмосферы. В стратосфере и нижней мезосфере фотохимические времена жизни многих малых составляющих составляет доли секунды, что на порядки меньше характерных времён диффузионного и ветрового переноса. Сильная взаимосвязь уравнений и наличие как короткоживущих так и долгоживущих компонентов делает систему уравнений (1) жесткой. Для увеличения шага по времени аппроксимация производной по времени имеет первый порядок точности и используются неявные схемы. Далее, применяется метод “сохранения семейства”, предложенный Turco and Whitten [17]. В основе метода лежит возможность выделения групп составляющих,

скорости взаимных превращений которых значительно больше скоростей образования или гибели этих групп. Нами организовано три таких группы $O_x = O + O_3$, $HO_x = H + OH + HO_2$, $NO_x = N + NO + NO_2$. При суммировании уравнений для составляющих группу компонентов фотохимические члены реакций взаимных превращений компенсируются, остаются только реакции образования и гибели семейства. Таким образом, фотохимическое время жизни группы будет значительно больше времени жизни каждой ее составляющей. В группу O_x не входит концентрация $O(^1D)$. Реакции с участием $O(^1D)$ очень быстрые и приводят к образованию O , поэтому выражение для концентрации $O(^1D)$, записанное в приближении локального фотохимического равновесия, мы подставляем в уравнение для $[O]$. Это относится и к $N(^2D)$ и NO_3 в группе нечётного азота.

Проведена апробация модели.

На рисунке 52 приведены широтно-долготные карты отклонений высоты геопотенциала, температуры и горизонтальной скорости ветра от среднелобальных значений на высоте 40 км. Расчеты проведены для декабрьского солнцестояния при средней солнечной и геомагнитной активности. Возмущение высоты геопотенциала задано на нижней границе первой долготной гармоникой с амплитудой 350 метров в зимнем полушарии. Приведённые результаты подтверждают, что распространяющиеся из тропосферы крупномасштабные возмущения оказывают сильное влияние на состояние средней атмосферы.

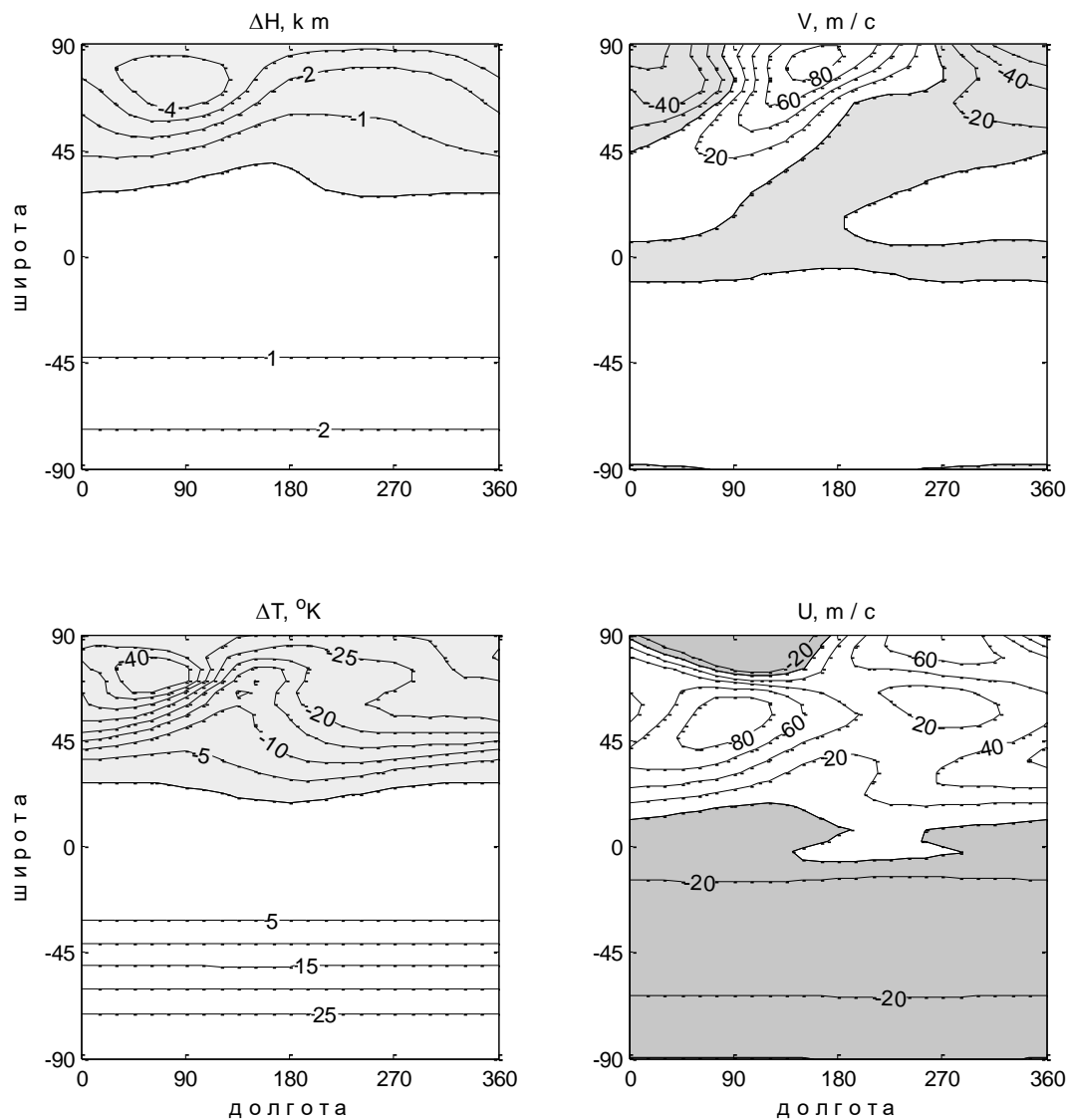


Рисунок 52 – Отклонения высоты геопотенциала [км], температуры и горизонтальной скорости ветра [м/с] от среднеглобальных значений на высоте 40 км

На рисунках 52-55 приведены высотные профили концентраций нейтральных компонентов атмосферы, а на рисунке 56 – ионного состава на средних широтах. Приведенные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

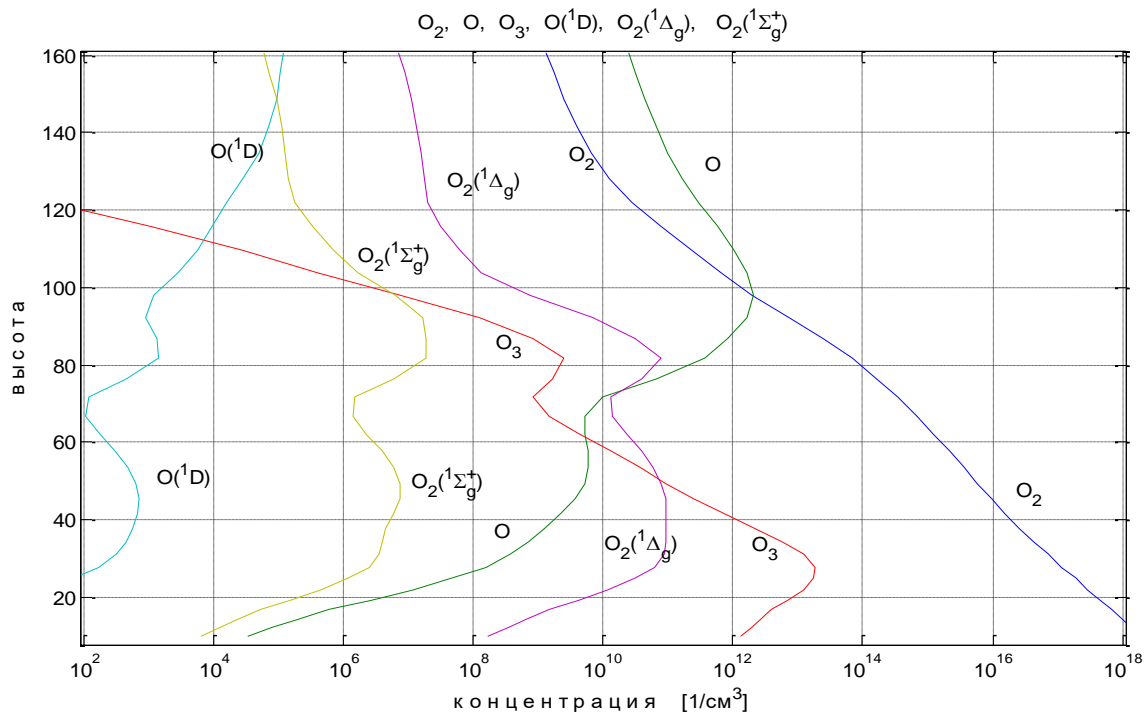


Рисунок 53 – Высотные профили кислородных составляющих.

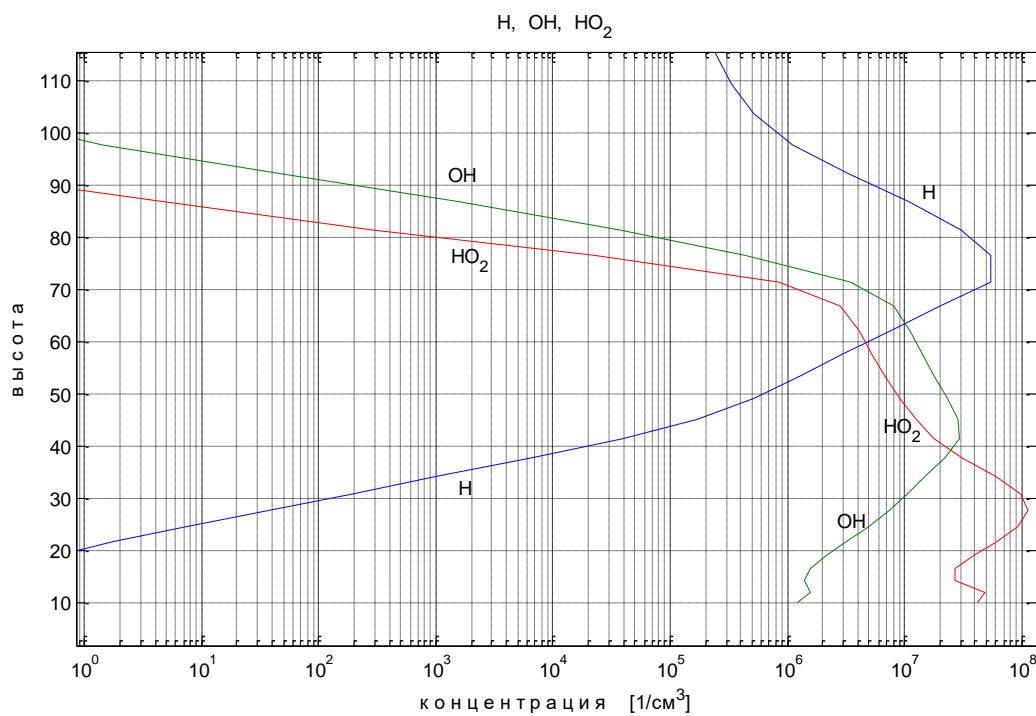


Рисунок 54 – Высотные профили водородных составляющих.

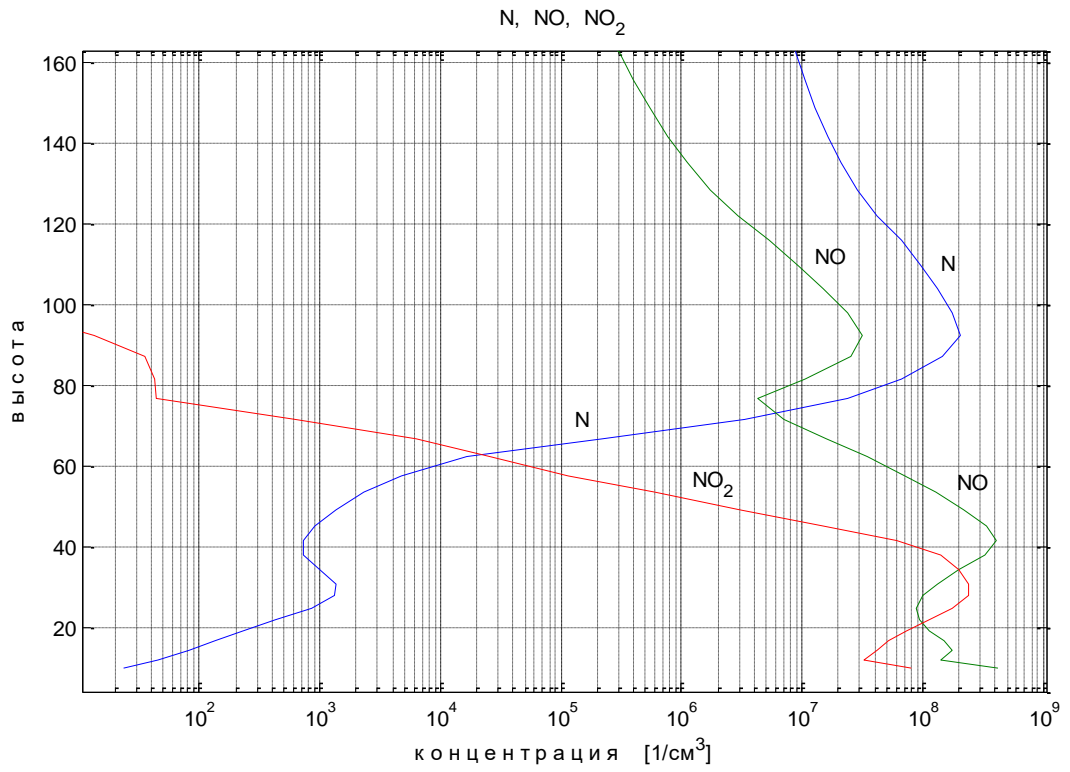


Рисунок 55 – Высотные профили азотных составляющих.

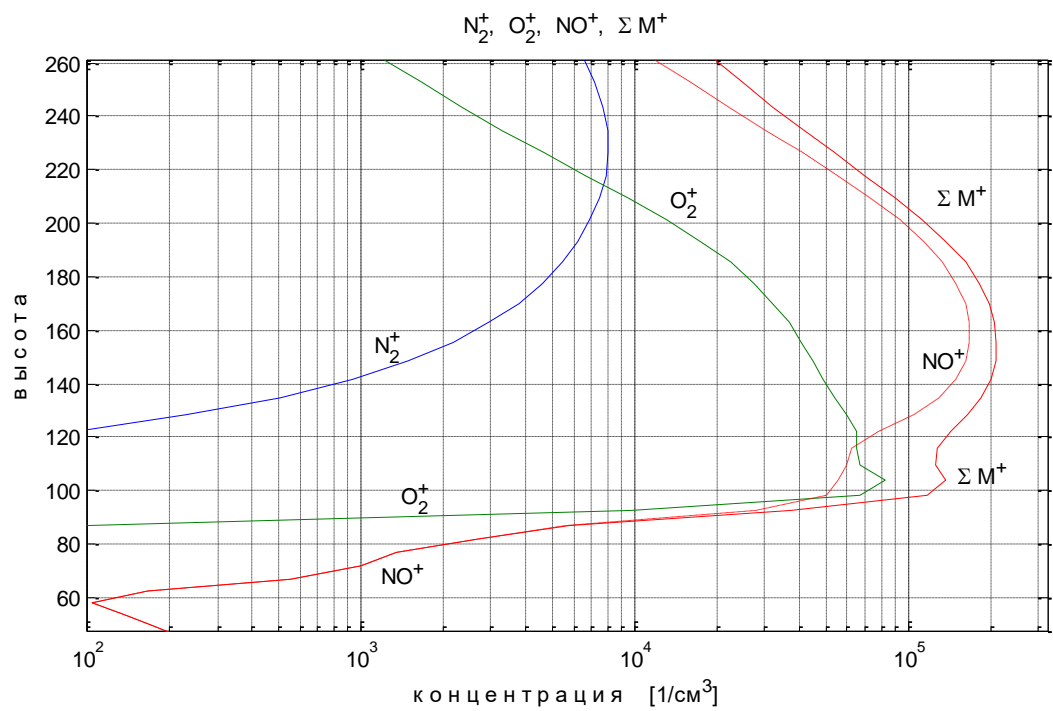


Рисунок 56 – Высотные профили молекулярных ионов.

Разработана трехмерная нестационарная атмосферно-ионосферной модели расчёта состава, теплового режима, циркуляции с учетом распространения из тропосферы планетарных волн и глобальной динамики озонного слоя на высотах 10-300 км.

Модель удовлетворительно описывает пространственно- временное распределение нейтральных составляющих, однако, ввиду достаточной сложности учитываемых в модели процессов и их взаимной обусловленности, большого числа внутренних входных параметров необходимо дальнейшее тестирование численной модели.

Численная реализация модели в полном самосогласованном объеме по техническим причинам пока не осуществлена. В ближайшее время будут получены результаты.

Результаты, запланированные на 2021 год, достигнуты.

Работы выполнены в полном объеме в соответствии с календарным планом. Подготовлен промежуточный научный отчет, зарегистрирован в ЕГИСУ (Рег. № ИКРБС 221121700314-2). Отчет передан главному исполнителю во ФГБУ «ИПГ».

Работы будут продолжены в 2022 г. в соответствии с утвержденным техническим заданием на период 2020-2024 гг.

ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАБОТЫ

ТЕМА 3.17.

Подготовка и доведение до потребителей гидрометеорологической оперативно-прогностической, аналитической и режимно-справочной информации ФГБУ «СибНИГМИ».

Заказчик УГНС (И.А. Евдокимов)

СибНИГМИ предоставляет консультативную расчетную прогностическую информацию в соответствии с Планом оперативно-производственных работ на 2021 год. Расчетная информация размещена на сайте института в разделе меню «Продукция» <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5>:

Ежедневные оперативные прогностические карты полей и метеограммы основных метеоэлементов (давление на уровне моря, температура точки росы, температура воздуха на уровне 2 м, температура на уровне H850 гПа, направление и скорость ветра, порывы ветра на высоте 10 м, количество осадков, балл облачности: нижней, общей) - по 2 раза в сутки. (Массивы данных – 730).

Ежедневные таблицы и карты с прогнозами температуры воздуха, классов пожароопасности, и результатами их оценки, WEB-сервер ФГБУ «СибНИГМИ» - по 2 раза в сутки. (Массивы данных – 730).

Ежемесячная автоматизированная оценка качества метеорологических прогнозов по моделям COSMO, UKMO, SLAV, NCEP, COMPLEX. Производство оценок прогнозов по физико-статистическим схемам для территории Урало-Сибирского региона. Публикация отчетов на официальном сайте института (графическая, табличная форма, веб-технологии). (Массивы данных – 200).

Карты отклонений ежесуточных значений температуры воздуха от средних многолетних (карты аномалий) по территории Западной Сибири (365 штук).

Оперативные расчеты прогнозов гроз по территории Урало-Сибирского региона на сроки до двух суток через 06 и 12 часов. Автоматизированное представление результатов на сайте <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5> (табличная форма, веб-технологии). – 5 месяцев в году по 2 раза в сутки (Массивы данных – 612).

Оперативные расчеты прогнозов заморозков, перехода температуры через ноль, гололедных явлений на территории Урало-Сибирского региона (3 технологии) (Массивы данных – 91).

Прогноз среднемесячной температуры с детализацией по декадам и месячных сумм осадков по Западной и Восточной Сибири на тёплый период года по локально-климатической модели Завалишина.

Прогноз среднемесячной температуры с детализацией по декадам и месячных сумм

осадков по Западной и Восточной Сибири на холодный период 2020/2021 гг. по оптимизированной локально-климатической модели Завалишина (табличная форма). (Массивов данных – 216).

Прогноз притока в Новосибирское водохранилище и расхода воды по створу Обь-Барнаул на 2 (1 кв.) и 3 (2 кв.) кварталы по методу Романова-Бочкарёвой (табличная форма). Массивов данных – 32.

Информационные и методические материалы, анализ оправдываемости прогнозов по КП 68 и модели РЭП по 19 пунктам Урало-Сибирского региона на странице «методический кабинет» (12 месяцев, по трем заблаговременностям) <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?6> Массивы данных – 91.

ТЕМА 4.14.

Сопровождение и поддержка оперативных технологий

СибНИГМИ обеспечил сопровождение и поддержку 5 оперативных технологий прогнозирования, визуализации, WEB-технологий, обеспечение функционирования и развития сайта института.

ТЕМА 9.6.

Оперативное методическое руководство сетевыми подразделениями Росгидромета и проведение научно-методических инспекций

В рамках данной темы плана ОПР Росгидромета на 2021 г. СибНИГМИ осуществлял научно-методическое руководство сетевыми прогностическими подразделения территориальных учреждений Росгидромета Урало-Сибирского региона.

ИНСПЕКЦИЯ

В соответствии с Планом инспекций организаций наблюдательной сети НИУ Росгидромета в рамках научно-методического руководства на 2021 год в период 26-30 сентября 2021 г. проведена инспекция Алтайского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

По результатам инспекции было отмечено:

- хорошую технологическую организацию подготовки, выпуска и доведения фактической и прогностической гидрометеорологической и агрометеорологической информации до потребителей;
- высокий уровень профессиональной подготовки синоптиков и агрометеорологов;
- хорошее оснащение ПК и множительной техникой отдела агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов;

Отмеченные недостатки:

- недостаточное оснащение ПК в отделе гидрометеорологического обеспечения, отсутствие АРМ - синоптика;
- отсутствует наполнение фактической (оперативной) и прогностической информацией ПК ГИС «Океан»;
- отсутствует автоматизированная технология по расшифровке оперативной информации, поступающей в коде КН -21.

Рекомендации по результатам инспекции:

1. Алтайскому ЦГМС-филиалу ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»:

- Восстановить работу АРМ-синоптика программного комплекса ГИС «Океан».
- В целях организации автоматизированного рабочего места синоптика (ОГМО) приобрести ПК (жесткий диск 1 ТБ, оперативная память 8 ГБ) и два монитора с диагональю не менее 21,5 дюйма.
- Рассмотреть вопрос о стажировке в ОМП Западно-Сибирского Гидрометцентра молодых специалистов – синоптиков.
- Рассмотреть и решить вопрос об автоматизированном пополнении сайта Алтайского ЦГМС фактической (срочной) информацией и прогнозами погоды.

2. ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»:

- Оказать помощь в восстановлении работы АРМ-синоптика программных комплексов ГИС «Океан».
- Оказать помощь в организации стажировок синоптиков (молодых специалистов) отдела гидрометеорологического обеспечения.

3. ФГБУ «СибНИГМИ»:

- Продолжить работу по наполнению сайта института новой прогностической продукцией и новыми автоматизированными технологиями по оценке климатической информацией и формирования климатических рядов разных метеорологических величин;
- В рамках выполнения Плана НИОКР на 2020-2024 гг. разработать автоматизированную технологию расшифровки телеграмм, поступающих в коде КН-21 и визуализации полученной информации;
- Оказать помощь при сбое расчета агрометеорологических методов прогноза.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Разработаны 4 программы испытаний для методов, переданных на испытания «Автоматизированная технология оценок условий вегетации и динамико-статистических прогнозов урожайности картофеля по Кемеровской и Новосибирской областям (ФГБУ «СибНИГМИ», В.В. Набока), Автоматизированная технология оценок условий вегетации и динамико-статистических прогнозов урожайности яровой пшеницы по Алтайскому краю

(ФГБУ «СибНИГМИ», В.В. Набока), Автоматизированный метод прогноза урожайности картофеля по сельхозпредприятиям и по всем категориям хозяйств Иркутской области (ФГБУ «СибНИГМИ», О.И. Пищимко), Метод долгосрочного прогноза гидрографа притока воды в Новосибирское водохранилище на II-III кварталы с детализацией по декадам (ФГБУ «СибНИГМИ», Н.Н. Завалишин)

Разработаны технологические решения научно-методической поддержки учреждения Урало-Сибирского региона, в том числе с использованием современных дистанционных методов информационной поддержки пользователей.

Обеспечено доведение до учреждений Росгидромета по Урало-Сибирскому региону научно-методических материалов.

Функционирует как рабочий портал для продукции СибНИГМИ сайт СибНИГМИ, в том числе страница Метод.кабинет <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?6>

Зарегистрировано в 2021 г. в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР) :

Рег. карт НИОКТР – 1 (1.2.4.2)

Информационных карт результата интеллектуальной деятельности (ИКР) - 5

Инф. карт состояния правовой охраны (ИКСПО) – 4

Информационных карт об использовании РИД (ИКСИ) – 4

Информационных карт ИКРБС с отчетами - 15

В ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (Роспатент):

Получены четыре свидетельства о регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

- программа для ЭВМ – 3 (ПК FROST_FRCST);
- программа создания новых файлов для технологии «Кассандра-Сибирь»;
- база данных - 1 (База данных Гроза-Cosmo13_2014-2021);
- программа для ЭВМ AIRREP_SPECIAL.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ, ФИНАНСИРУЕМЫЕ ИЗ ИНЫХ ИСТОЧНИКОВ

За счет средств иных организаций в 2021 году СибНИГМИ было выполнено восемь научно-исследовательских работ и получены нижеперечисленные результаты.

1. По договору с ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» в полном объеме в соответствии с договором были оказаны услуги по предоставлению прогностической информации для задач авиационного прогноза на основе результатов численных моделей атмосферы в виде векторных (масштабируемых, с возможностью навигации) прогностических и фактических карт, метеограмм и таблиц по Урало-Сибирскому региону и визуализации данных, выпущенных другими центрами.

2. По договору с ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» были проведены работы по подготовке и выпуску прогностической продукции для задач авиационного прогноза на основе результатов численных моделей атмосферы в виде прогностических карт, метеограмм и таблиц по Урало-Сибирскому региону.

3. По договору с НПО «ЭЛСИБ» ПАО СибНИГМИ разработал программу и реализовал проведение наблюдений за водным объектом (приток р. Тула) и его водоохранной зоной. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами проведенных наблюдений и комплексом научных рекомендаций.

4. По договору с ОАО «РЖД» проводились наблюдения за водными объектами (р. Правый Баскусан ст. Артышта-2, р. Горбуниха ст. Точирино г. Новокузнецк) и их водоохранными зонами в месте сброса стоков очистных сооружений Кузбасского территориального участка Западно-Сибирской дирекции по тепловодоснабжению. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами проведенных наблюдений и комплексом научных рекомендаций.

5. По договору с ЗАО «Чернореченский карьер» проводились регулярные наблюдения за водным объектом (ручей Каменка Новосибирской области) и его водоохранной зоной. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами проведенных наблюдений и комплексом научных рекомендаций.

6. По договору с ООО «Лента» проведено комплексное морфометрических особенностей водных объектов на участках водопользования: р. Иртыш в Кировском АО г. Омска, р. Омь в Центральном АО г. Омска, р. Иртыш в Советском АО г. Омска. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами проведенных наблюдений и комплексом научных рекомендаций.

7. По договору с ООО «Группа 72» были проведены научно-исследовательские работы по определению статуса и морфометрических характеристик и водоема на реке

Ельцовка (нижняя) в период летне-осенней межени 2021 г. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами НИР.

8. По договору с ИГМ СО РАН были проведены научно-исследовательские работы, направленные на изучение теплового и водно-солевого баланса оз. Кучукское. Был подготовлен, сдан и принят Заказчиком научный отчет с результатами НИР.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР В 2021 ГОДУ

1. Метод и технология краткосрочного прогноза заморозков на территории Урало-Сибирского региона (ФГБУ «СибНИГМИ», М.Я. Здерева, тема 1.1.9.1.1. 2017-2019 гг.).

Решение Технического совета:

- ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 12.11.2021 г.: «Внедрить метод прогноза заморозков по территории Западно-Сибирского УГМС с заблаговременностью 1-3 суток в оперативную практику оперативно – прогностических подразделений региона в качестве основного расчетного метода с мая 2022 года»;

- ФГБУ «Иркутское УГМС» от 10.11.2021 г.: «Рекомендовать использованию в отделе метеорологических расчетов Иркутского ГМЦ в качестве вспомогательного метода. Рассмотреть возможность усовершенствование прогноза заморозков, в том числе с использованием дополнительной прогностической продукции ICON»;

- ФГБУ «Забайкальское УГМС» от 10.11.2021 г.: «Принять в оперативную работу метод и технологию краткосрочного прогноза заморозков в воздухе на территории ФГБУ «Забайкальское УГМС» в качестве вспомогательного. Принять в качестве консультативного метод и технологию краткосрочного прогноза заморозков на поверхности почвы на территории ФГБУ «Забайкальское УГМС»;

- ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» от 16.11.2021 г. : «Рекомендовать к внедрению с 2022 года в оперативную практику в отделах метеорологических прогнозов автоматизированный метод прогноза заморозков с детализацией по пунктам Омской, юга Тюменской областей и Ханты-Мансийского автономного округа в качестве основного расчетного метода.»;

- ФГБУ «Уральское УГМС» от 16.11.2021 г.: «Внедрить метод и технологию краткосрочного прогноза заморозков на территории ФГБУ «Уральское УГМС» в прогностических организациях Уральского УГМС в качестве дополнительного метода, начиная с 2022 года».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В 2021 г. СибНИГМИ зарегистрировано 5 РИД:

Программа для ЭВМ: Колкер А.Б., Гочаков А.В., Котов М.С. Программа для обработки, декодирования и сохранения в базу данных сообщений AIRREP_SPECIAL. Регистрационный номер РИД в ЕГИСУ НИОКТР: 621111900071-9. Дата регистрации: 19.11.2021. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2021681555. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23.12.2021 г.

База данных: Колкер А.Б., Хлучина Н.А. Гроза-Cosmo13_2014-2021. Регистрационный номер РИД в ЕГИСУ НИОКТР: 621110800038-6. Дата регистрации: 08.11.2021. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре баз данных № 2021622592. Дата регистрации в Реестре баз данных: 22.11.2021.

Программа для ЭВМ: Завалишин Н.Н. Программа создания новых файлов для технологии «Кассандра-Сибирь». Регистрационный номер РИД в ЕГИСУ НИОКТР: 621102000010-5. Дата регистрации: 20.10.2021. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2021667393. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 12.04.2021.

Программа для ЭВМ: Здерева М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А., Воробьева Л.П. Программный комплекс FROST-FRCST. Регистрационный номер РИД в ЕГИСУ НИОКТР: 621032900045-8. Дата регистрации: 29.03.2021. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2021615734. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 12.04.2021.

Методические указания: Пищимко О.И., Пищимко В.В., Потапенко Е.А. Методы прогноза урожайности картофеля по Иркутской области. Регистрационный номер РИД в ЕГИСУ НИОКТР: 621100700094-8. Дата регистрации: 07.10.2021. (испытания и внедрение в 2023 г.)

РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА

В течение 2021 г. было проведено четыре заседания Ученого совета ФГБУ «СибНИГМИ». В связи со сложной эпидемиологической обстановкой очные заседания ученого совета проводились с соблюдением масочного режима и дистанцирования в 1,5 м между участниками заседания, а также в форме видеоконференций с помощью коммуникационного программного обеспечения Zoom Video Communications, Inc.

Дискуссионные научные проблемы, требующие детального обсуждения, рассматривались на семинарах (преимущественно в дистанционном режиме) и по электронной переписке.

На заседаниях Ученого совета были заслушаны, обсуждены и приняты решения по следующим вопросам повестки дня:

- Рассмотрение и утверждение Ученым советом проектов ФГБУ «СибНИГМИ», подготовленных к экспертизе Российской Академии наук с целью дальнейшего включения в План НИОКР на 2022-2024 гг. (7 апреля 2021 г.). Решение одобрить представленные проекты было принято единогласно голосованием по темам проектов 1.2, 1.4, по которым ФГБУ «СибНИГМИ» является головным исполнителем, по темам 1.1.3 (головной ГМЦ РФ), 2.6 (головной ВНИИГМИ-МЦД), 6.1 (головной ИПГ).

- О ходе выполнения тем НИР Плана НИТР Росгидромета на 2021 г. и об утверждении квартальных кратких информационных отчетов по выполнению тем НИР Плана НИТР Росгидромета на 2021 г.
- О научно-методической работе: итоги инспекции в Алтайский ЦГМС-филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС; о методическом кабинете на сайте, о ходе испытаний и внедрений.
- О ПЛАНЕ МЕРОПРИЯТИЙ Росгидромета по развитию базовой технологической линии краткосрочных детализированных численных прогнозов погоды на основе модели COSMO-ICON в 2022-2024 гг.
- Научный доклад об актуальном научном направлении – мировом тренде – на тему «Современные методы детализации метеорологических полей – метод вложенных сеток (downscaling techniques)». (Докладчик Крупчатников В.Н., г.н.с., д.ф.-м.н.).
- Научный доклад об использовании технологии машинного обучения в прогнозе погоды (Докладчик Крупчатников В.Н., г.н.с., д.ф.-м.н.)
- Научный доклад на тему «Моделирование климатической системы и идентификация некоторых атмосферных режимов циркуляции в средних и высоких широтах Северного полушария» (В. Крупчатников, Г. Платов, А. Гочаков, Ю. Мартынова, И. Боровко)
- О внебюджетной деятельности СибНИГМИ.
- О наукометрических результатах СибНИГМИ за 2020г.
- О выполнении оперативно-производственных работ по Плану ОНР Росгидромета на 2021 г.
- О регистрации результатов интеллектуальной деятельности в 2021 г.
- О календарных планах НИР на 2022 г.
- О подготовке конференции к 50-летию СибНИГМИ. Рассмотрение и одобрение программы конференции.
- О подготовке статьи в журнал «Метеорология и гидрология» к юбилею института.
- Об итогах и решении научно-практической конференции по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 50-летию образования ФГБУ «СибНИГМИ»), прошедшей 20-22 октября 2021 г. в г. Новосибирск (режим очно-заочный на платформе ZOOM; онлайн трансляция в YouTube).
- О подготовке сборника Трудов СибНИГМИ, вып. 107. О рецензировании статей в сборник.

- В пункте «разное» ученый совет заслушивал и обсуждал информацию о награждениях и поощрениях сотрудников, об участии в мероприятиях МНТС, в российских конференциях, которые в 2021 г. проводились дистанционно, об итогах совещаний и коллегий Росгидромета, о решениях научно-технического совета Росгидромета, о решениях ЦМКП Росгидромета, о решениях технических советов УГМС, о результатах испытаний новых методов и технологий и другую информацию.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с Планом организационно-технических мероприятий по выполнению международных программ и проектов по научно-техническому сотрудничеству Росгидромета на 2021 год (МНТС) сотрудники СибНИГМИ принимали участие в следующих мероприятиях:

- 7-ое совещание рабочей группы по метеорологической информации и развитию обслуживания (WG-MISD/7) МЕТР ИКАО (Куба, Гавана, февраль 2021 г.);

- ежегодный семинар по системам мезомасштабного моделирования ICCARUS-2020 (ICON COSMO CLM ART), участие в заседаниях параллельных рабочих групп по технологиям численного прогноза погоды (Германия, Франкфурт-на-Майне, Оффенбах, I кв. 2021 г.);

- Совместное совещание РГ-4 МСГ СНГ и Проектной группы по внедрению стандартов и рекомендуемой практики (METG RT/EAST/20) ИКАО (Узбекистан, Ташкент, II кв.);

- Обучающий семинар COSMO/CLM/ART (Германия, Ланген, I-II кв.).

РАБОТА СО СМИ

- 1) Завалишин Николай Николаевич, заведующий отделом гидрометеорологии и экологии СибНИГМИ, в интервью на Аллатра ТВ рассказал о своих исследованиях, которые объясняют процессы изменения климата, происходящие на планете <https://youtu.be/gZ0A3IF6yWU>.

- 2) Завалишин Николай Николаевич, заведующий отделом гидрометеорологии и экологии СибНИГМИ, принял участие в пресс-конференции к Всемирному метеорологическому дню на тему «О погоде и предварительном сценарии половодья в Западной Сибири» (23 мар 11:00 нск). Он перечислил причины современного потепления.



РАБОТА С КАДРАМИ

Проведены три конкурса на замещение вакантных должностей научных сотрудников. Принято два новых научных сотрудника, один сотрудник переведен с должности старшего на должность ведущего научного сотрудника.

Организован спец. курс «научное программирование» на географическом отделении геолого-географического факультета (кафедры метеорология, гидрология) в Томском госуниверситете (Колкер А.Б.)

Читается специальный курс «Физика климатической системы Земли» для студентов механико-математического факультета НГУ (Крупчатников В.Н.)

Сотрудники СибНИГМИ участвуют в деятельности Сибирского центра климато-экологических исследований и образования по организации конференций и школ молодых ученых (Крупчатников В.Н. является членом программного комитета международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде). На CITES-2021, г. Москва, Россия, 22-27 ноября, 4 доклада представили молодые сотрудники СибНИГМИ.

Повышение уровня оплаты труда осуществляется за счет всех источников финансирования. Оплата труда научных сотрудников включает стимулирующую надбавку, устанавливаемую на год по итогам научной деятельности за прошедший год (в соответствии с «Положением рейтинговых стимулирующих выплатах научным

сотрудникам ФГБУ «СибНИГМИ»), а также ежеквартальную стимулирующую надбавку и премии по итогам работы за квартал за счет средств, полученных из внебюджетных источников. Исполнители работ по хоздоговорам получают выплаты, составляющие до 80% от сумм договоров.

СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТИИ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ, СИМПОЗИУМАХ, СЕМИНАРАХ И ВЫСТАВКАХ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ФГБУ «СибНИГМИ»

В период с 20 по 22 октября 2021 г. в г. Новосибирск состоялась научно-практическая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата, посвященная 50-летию образования Сибирского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Конференция проходила в очно-заочном режиме, видеоконференция осуществлялась на платформе ZOOM и параллельно транслировалась на канале YouTube. Зарегистрировано 203 участника (слушателя) на канале YouTube, 99 участников на платформе ZOOM, очно приняли участие 55 человек, в том числе представители Гидрометцентра России (г. Москва), ГГО (г. Санкт-Петербург), ДВНИГМИ (г. Хабаровск).

Программа конференции включала в себя комплекс современных актуальных научно-практических задач, объединенных по направлениям в четыре секции: модели и методы прогноза гидрометеорологических и гелиогеофизических явлений; информационно-вычислительные системы в гидрометеорологических исследованиях; исследования климата, его изменений и их последствий; мониторинг загрязнения окружающей среды. Доклады были сделаны сотрудниками НИУ Росгидромета (Гидрометцентр России, ВНИИСХМ, ААНИИ, ГГО, Сибирский центр НПО «Планета», ДВНИГМИ, СибНИГМИ); специалистами территориальных учреждений Росгидромета (Обь-Иртышское УГМС, Уральское УГМС, Западно-Сибирское УГМС); студентами и преподавателями ВУЗов РФ (Московский госуниверситет им. М.В. Ломоносова, Пермский, Новосибирский, Томский, Иркутский госуниверситеты, РГГМУ); сотрудниками институтов РАН (Институт вычислительной математики, г. Москва, Институт вычислительной математики и вычислительной геофизики, г. Новосибирск, Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск, Институт географии им. В.Б. Сочавы, г. Иркутск, Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, г. Красноярск, Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск).

Уровень представленных на конференции высокий как по традиционным для гидрометслужбы направлениям исследований (изучение метеорологических,

гидрологических процессов и явлений, включая опасные и неблагоприятные, изучение агрометеорологических, климатических условий, различных аспектов загрязнения окружающей среды), так и на стыке наук (системы обработки больших массивов данных, вычислительные эксперименты, машинное обучение – нейронные сети – искусственный интеллект в задачах гидрометеорологии, web-технологии, использование спутниковых данных). На сайте ФГБУ «СибНИГМИ» <http://sibnigmi.ru/> размещены презентации докладов, представленных на научно-практической конференции.

УЧАСТИЕ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ, СИМПОЗИУМАХ, СЕМИНАРАХ

International Conference «Mathematical physics, dynamical systems and infinite-dimensional analysis», Dolgoprudny, June, 30 – July, 9, 2021.

1. Klevtsova Yu. Yu. “On the stationary measure conservation laws for the stochastic system of the Lorenz model describing a baroclinic atmosphere” // International Conference «Mathematical physics, dynamical systems and infinite-dimensional analysis», Dolgoprudny, June, 30 – July, 9, 2021.

ICCARUS 2021: the ICON/COSMO/CLM/ART user seminar : book of abstr., Germany, 8–19 Mart 2021.

2. Gochakov A, Tokarev V. Kolker A // Comparison of calculated by COSMO-SIB and ICON-SIB models temperature profiles in the boundary layer with available observation data for Novosibirsk city // ICCARUS 2021: the ICON/COSMO/CLM/ART user seminar : book of abstr., Germany, 8–19 Mart 2021. – [Germany] : Deutscher Wetterdienst, 2021. – P. 60–61.

DOI: 10.5676/DWD pub/nwv/iccarus 2021

23rd COSMO General Meeting, 14-17 September 2021 (teleconference)

3. A.Kolker, A. Gochakov, M.Zdereva, N.Hluchina, V. Tokarev Comparison of efficiency of decision trees and neural networks for postprocessing of thunderstorms https://www.cosmo-model.org/content/consortium/generalMeetings/general2021/parallel/wg4/SibNigmi_RHM_team.pdf

Научно-практическая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 50-летию образования ФГБУ «СибНИГМИ») 20-22 октября 2021 г. Новосибирск

4. Ривин Г.С., Розинкина И.А., Блинов Д.В., Гочаков А.В., Колкер А.Б., Крупчатников В.Н., Гетманчук И.В., Марциновский В.Ю., Телюк Д.Д. Технологическая линия Росгидромета системы численного краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru: состояние и возможное развитие
5. Колкер А.Б. Информационные технологии в прикладных задачах гидрометеобеспечения: настоящее и будущее
6. Завалишин Н.Н., Игнатов А.В., Бочкарева Е.Г., Пальчикова Н.В., Орлова З.С. Опыт долгосрочного прогнозирования гидрометеоэлементов на территории Сибири и смежных регионов
7. Завалишин Н.Н., Пальчикова Н.В. «Кассандра-Сибирь» - технология подготовки долгосрочных и климатических прогнозов гидрометеоэлементов
8. Топоров В.М. Закономерности временных колебаний рядов стока рек Новосибирской области
9. Зdereva М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А., Воробьева Л.П., Сравнение качества прогнозирования приземного ветра по моделям COSMO и GFS
10. Зdereva М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А., Воробьева Л.П. Опыт применения алгоритмов постпроцессинга на базе выходных полей разных моделей
11. Крупчатников В.Н. Гочаков А.В., Зdereva М.Я., Колкер А.Б. Прогноз погоды на основе машинного обучения: обзор
12. Копылов В.Н. Геоинформационное моделирование наводнений на примере рек Горного Алтая

13. Воронина Л.А., Гочаков А.В., Колкер А.Б., Брусенко Е.А. Автоматизированные WEB-технологии в создании климатических информационных продуктов для обслуживания потребителей
14. Гочаков А.В., Блинов Д.В., Захарченко Д.И. Результаты вычислительных экспериментов по моделям COSMO-Sib
15. Пищимко О.И. Автоматизированная технология прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области
16. Клевцова Ю.Ю. О невязком пределе стационарных мер для некоторых моделей атмосферы
17. Копылов В.Н. Современные тенденции изменения в Сибири климатических переменных, влияющих на строительную отрасль
18. Климов О.В., Казьмин С.П. Экологический мониторинг загрязнения природной среды в районе разработки нефтяных месторождений Западной Сибири

Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2021”, г. Москва, Россия, 22-27 ноября, 2021

19. Мартынова Ю. В., Крупчатников В. Н., Гочаков А. В., Антохина О. Ю. Связь интенсивности формирования снежного покрова в Западной Сибири с особенностями динамики атмосферы Северного полушария в осенне-зимний сезон // Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “CITES-2021”, г. Москва, Россия, 22-27 ноября, 2021 г., С. 51-53. (Martynova Yu. V., Krupchatnikov V. N., Gochakov A. V., Antokhina O. Yu. Relationship between snow cover onset rate in Western Siberia and atmospheric dynamics anomalies in the Northern Hemisphere for the fall-winter season) (устный) (Программа и тезисы: http://www.scert.ru/ru/conference/cites2021/program_prelim/)
20. Гочаков А.В., Токарев В.М., Колкер А.Б. Верификация вертикального профиля температур моделей COSMO и ICON по данным доступных наблюдений // Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2021
21. Мартынова Ю. В., Крупчатников В.Н., Гочаков А. В., Антохина О. Ю. Связь интенсивности формирования снежного покрова в Западной Сибири с особенностями динамики атмосферы Северного полушария в осенне-зимний сезон // Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2021
22. Пененко А.В., Пененко В.В., Цветова Е.А., Гочаков А.В., Пьянова Э.А., Коноплева В.С. Алгоритмы обратного моделирования качества воздуха для работы с гетерогенными данными измерений // Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2021
23. Platov G., V. Gradov, I.Borovko, E. Volodin, V.Krupchatnikov Modelled atmospheric response to Arctic ice reduction // Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “CITES-2021”, г. Москва, Россия, 22-27 ноября, 2021 г., (устный) (Программа и тезисы: http://www.scert.ru/ru/conference/cites2021/program_prelim/)

XIV Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», г.Новосибирск, 30 марта - 1 апреля 2021 г.

24. Копылов В.Н., Климов О.В. Разработка режимов работы тепловой электростанции, обеспечивающих оптимальную температуру водоёма-охладителя, с использованием численного моделирования гидротермического режима // XIV Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», г.Новосибирск, 30 марта - 1 апреля 2021 г.

XXVIII Конференция "Аэрозоли Сибири".

25. Пененко А.В., Пененко В.В., Скорик В.С., Цветова Е.А., Пьянова Э.А., Гочаков А.В. Анализ эффективности гетерогенных систем мониторинга качества воздуха в задачах идентификации источников // XXVIII Конференция "Аэрозоли Сибири".
26. Пененко А.В., Гочаков А.В., Антохин П.Н. Анализ наблюдаемости источников выбросов от дорожной сети города с помощью оператора чувствительности модели переноса и трансформации примеси в атмосфере // XXVIII Конференция "Аэрозоли Сибири".

Международная научная конференция «Уфимская осенняя математическая школа - 2021» (г. Уфа, 6-9 октября 2021 г.).

27. Klevtsova Yu. Yu. "On the different size of the white noise perturbation in the problem on the inviscid limit of the stationary measure for one model of the atmosphere" // Международная научная конференция «Уфимская осенняя математическая школа - 2021» (г. Уфа, 6-9 октября 2021 г.).

IX Всероссийская конференция «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС)» в рамках Объединённой конференции «Экология. Экономика. Информатика» 6-11 сентября 2021г., пос. Дюрсо Краснодарского края

28. Мартынова Ю. В., Матюхина А. А., Воропай Н. Н., Крупчатников В. Н. Особенности формирования снежного покрова в Сибири и их связь с аномалиями динамики атмосферы северного полушария // Доклад на IX Всероссийской конференции «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС)» в рамках Объединённой конференции «Экология. Экономика. Информатика» 6-11 сентября 2021г., пос. Дюрсо Краснодарского края (устный)

МАРЧУКОВСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ –2021 Международная конференция 4–8 октября 2021 г. Академгородок, Новосибирск, Россия

29. Platov G., Gradov V., Borovko I., Volodin E., Krupchatnikov V. Climate system modeling and some methods diagnostic of midlatitude extreme weather in Northern Hemisphere // МАРЧУКОВСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ –2021 –пленарный доклад на Международной конференции 4–8 октября 2021 г. Академгородок, Новосибирск, Россия.(приглашенный)
30. Пьянова Э.А., Пененко В.В., Гочаков А. Modeling of admixture transport from Baikal region sources under winter atmospheric conditions // Международная конференция «Марчуковские научные чтения 2021»

XXVII Международный Симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (05-09 ИЮЛЯ 2021 ГОДА, МОСКВА)

31. Боровко И.В., Зуев В.В., Савельева Е.С., Крупчатников В.Н., Градов В.С. Исследование связи между температурой тропической стратосферы и

интенсивностью полярного вихря – (устный) XXVII Международный Симпозиум “Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы” (05-09 ИЮЛЯ 2021 ГОДА, МОСКВА)

World Congress Ocean 2021. Track 5: Emerging Ocean Science and Technology. [27-29 сентября Китай](#)

32. Завалишин Н.Н. Albedo Bond and thermal inertia of the World Ocean are the main factors of modern warming.// Program of World Congress Ocean 2021. Track 5: Emerging Ocean Science and Technology. <https://www.bitcongress.com/wco2021/>

Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2021. XVII Международный научный конгресс, 19-21 мая 2021 г., Новосибирск

33. Топоров В.М., Пищимко О.И. Однородность и стационарность информации по стоку рек Новосибирской области // доклад - Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2021. XVII Междунар. науч. конгр., 19-21 мая 2021 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»
34. Романов Л.Н., Бочкарева Е.Г. Сезонный прогноз средней месячной температуры по территории Западной Сибири // доклад Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2021. XVII Междунар. науч. конгр., 19-21 мая 2021 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»

XIV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу: Тезисы докладов российской конференции с международным участием, Томск, 19-22 октября 2021 г.,

35. Немировская Л.Г. Создание банков данных характеристик периодов режима осадков, дополненных показателями температурно-влажностных условий, для оценки на их примере изменения регионального климата и улучшения гидрометобеспечения юго-востока Западной Сибири.

Сборник Трудов СибНИГМИ «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 50-летию образования СибНИГМИ)», выпуск 107, увидел свет в год 50-летнего юбилея Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института. Он составлен из научных статей, результаты которых были доложены на научно-практической конференции по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 50-летию СибНИГМИ), поэтому столь широко географическое представительство авторов. Также в сборнике представлены результаты работ по тем научным направлениям, которые развиваются в СибНИГМИ в настоящее время.

Сборник Трудов СибНИГМИ был издан за счет собственных средств, полученных из иных источников. Сборник вышел в электронной версии и размещен на сайте СибНИГМИ <http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?4>, а также на ресурсах электронной библиотеки e-library.

Наибольшая часть работ относится к прикладным научным исследованиям из области гидрометеорологии. Однако включены три статьи, носящие, скорее, теоретический, даже фундаментальный характер: прикладные исследования невозможны без серьезных физико-математических обоснований. Это публикация Игнатова А.В. (Институт географии СО РАН) о технологии стохастического моделирования, Клевцовой Ю.Ю. (СибНИГМИ) о математической задаче из области математических методов исследования динамики погоды и климата; Колкера А.Б. (СибНИГМИ) о применении технологий машинного обучения и искусственного интеллекта в области гидрометеорологических задач.

Традиционные вопросы развития методов и технологий прогноза погоды освещены в трех статьях.

В статье Завалишина Н. Н. с соавторами (СибНИГМИ, Институт географии СО РАН) обобщается опыт создания методов и технологий долгосрочного прогноза температуры, осадков и расходов воды в реках для территории Сибири и соседних регионов. В статье Здеревой М.Я. с соавторами (СибНИГМИ) представлен опыт СибНИГМИ по применению физико-статистической интерпретации выходных параметров гидродинамических моделей на базе комплексации модельных прогнозов с предварительной MOS-коррекцией результатов для прогнозов элементов погоды на территории Урало-Сибирского региона. Работа Пищальниковой Е.В. (Пермский ЦГМС, Пермский госуниверситет, г. Пермь) посвящена краткосрочному прогнозу фазового состояния осадков, выпадающих при разном температурном фоне окружающей среды и

определяющих наличие таких опасных и неблагоприятных явлений погоды, как гололёд и налипание мокрого снега на провода.

Результаты исследований в области агрометеорологии представлены ведущими российскими научными школами Гидрометцентра России и ВНИИСХМ. В статье А.И. Страшной с соавторами (Гидрометцентр РФ, г. Москва) освещается возможность использования спутниковых данных, в частности, индекса NDVI, и целесообразность совместного использования наземных и спутниковых данных в регрессионных моделях для прогноза урожайности. Тарасова Л.Л. (Гидрометцентр РФ, г. Москва) представила интересное, актуальное для земледельческой зоны Сибири исследование динамики изменения влажности почвы за довольно длительный период - с 1958 по 2020 годы. Статья Т.А. Найдиной и В.М. Лебедевой (ВНИИСХМ, г. Обнинск) посвящена технологии первичной обработки оперативной агрометеорологической информации по районам пастбищного животноводства, что очень актуально для Урало-Сибирского региона.

В статье Старостиной Т.В. с соавторами (СибНИГМИ) дано описание разработанной автоматизированной технологии прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области, которая в настоящее время проходит оперативные производственные испытания. Статья Набоки В.В. (СибНИГМИ) – это обобщение разработок для организаций Росгидромета в сибирском регионе прикладной динамико-статистической модели формирования урожая для сибирских территорий, базирующихся на модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур с суточным разрешением «Погода–Урожай» (ВНИИСХМ, Сиротенко О.Д.)

Особенности гидрологического режима рек Сибири изложены в двух статьях. В статье В.М. Топорова (СибНИГМИ) представлены результаты изучения стока рек Новосибирской области. Статья С.П. Казьмина и Т.Н. Фирсовой (Институт леса СО РАН, г. Красноярск) посвящена проблеме соблюдения специального гидрологического режима на территории водоохранных зон населенных пунктов на примере населенных пунктов на юге Красноярского края (р. Оя).

Вопросы экологического мониторинга загрязнения природной среды на примере нефтедобывающих районов Новосибирской, Сургутской областей освещены в статье Климова О.В., Казьмина С.П. (СибНИГМИ, Институт леса СО РАН).

Климатические исследования представлены в очень интересной статье Карандашевой Т.К. с соавторами (ААНИИ, г. Санкт-Петербург), посвященной вопросам изменения климата в арктической зоне за более чем вековую историю наблюдений на ст. Баренцбург (арх. Шпицберген). Статья А.Д. Кузнецова, Т.Е. Симакиной (РГГМУ, г. Санкт-Петербург) с соавторами посвящена тенденциям временной изменчивости климатических

годовых сумм осадков и выявлению периодов резкой смены характера процесса по данным наблюдений метеостанций Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

В статье Газимова Т.Ф., Кужевской И.В.(Томский госуниверситет, г. Томск) исследуется влияние урбанизированных территорий (на примере города Новосибирска) на формирование собственного микроклимата, а именно городского острова тепла. В статье В.Н. Копылова (СибНИГМИ, СибСТРИН, г. Новосибирск) на основе официальных докладов Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018-20 гг. сделан обзор тенденций изменений климата Сибири, что, несомненно, важно для строительных организаций.

В статье К.Л. Тунаева изложена собственная точка зрения автора о влиянии болотных систем на процессы генерации и регенерации циклонов над Западной Сибирью и погодно-климатических условий Сибири.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации в журналах, зарегистрированных в системе Web of Science

1. Гочаков А. В., Антохина О. Ю., Крупчатников В. Н., Мартынова Ю. В. Метод идентификации и объединения в кластеры событий обрушения волн Россби в Северном полушарии на основе анализа контура потенциального вихря на изобарической поверхности. - *Метеорология и гидрология*, 2021, №1, с. 17-28.
2. Penenko, A. & Gochakov, A. Parallel speedup analysis of an adjoint ensemble-based source identification algorithm // *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, 1715, 012072-1-012072-6 (6 стр)
3. Penenko, A. V. & Gochakov, A. V. Numerical analysis of the observability of the city road network emission sources using the sensitivity operator of the atmospheric chemistry transport and transformation model // *Siberian State University of Geosystems and Technologies*, 2021, 4, 177-184 doi:10.33764/2618-981x-2021-4-1-177-184
4. Zaripov, R.B., Pavlyukov, Y.B. & Krupchatnikov, V.N. Studying Physical Mechanisms of Development of Black Sea Quasi-tropical Cyclones Using a High-resolution Atmosphere Model. *Russ. Meteorol. Hydrol.* 46, 423–433 (2021). <https://doi.org/10.3103/S1068373921070013> (WoS, Scopus)
5. Zuev V. V., Savelieva E. I., Borovko I. V., Krupchatnikov V. N. Influence of the subtropical stratosphere on the Antarctic polar vortex during spring 2019/ *Proc. SPIE*. 2021 (WoS, Scopus; РИНЦ) budget project No. 0215-2021-0003 for ICMMG SB RAS.
6. Gochakov, A.V., Antokhina, O.Y., Krupchatnikov, V.N. Martynova Yu. Method for Identifying and Clustering Rossby Wave Breaking Events in the Northern Hemisphere. - *Russ. Meteorol. Hydrol.* 46, 10–18 (2021). <https://doi.org/10.3103/S1068373921010027>, (WoS, Q2; Scopus; РИНЦ)
7. Platov G.A., Krupchatnikov V.N., Gradov V.S., Volodin E.M., Borovko I.V. The role of Arctic ice reduction in the formation of climatic trends. *SPIE AOO203 - 256 V. 5*, 2021 – Scopus
8. Platov G, Krupchatnikov V, Gradov V, Borovko I, Volodin E. Analysis of the Northern Hemisphere Atmospheric Circulation Response to Arctic Ice Reduction Based on Simulation Results. *Geosciences*. 2021; 11(9):373. doi: 10.3390/geosciences11090373 - (Q1 по Scopus - CiteScore - Web of Science, Scopus)
9. Ivanov V , Alexandrov A , Bdiwi M , Popov A , Rashid A , Pershina Zs ([Першина Ж. С.](#)), Kolker A ([Колкер А. Б.](#)), Dimitrov L Bin Picking Pneumatic-Mechanical Gripper for Industrial Manipulators : 2021 IV International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), 2021, pp. 01-04, Sofia, Bulgaria.
10. Гочаков А. В., Антохина О. Ю., Крупчатников В. Н., Мартынова Ю. В. Долговременная изменчивость опрокидывания волн Россби в районе субтропического струйного течения // *Метеорология и гидрология*, 2022, №2, с. 5- 19.
11. Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н., Гочаков А.В., Антохина О.Ю. Взаимосвязь аномалий интенсивности формирования снежного покрова в Западной Сибири с динамическим состоянием атмосферы в Северном полушарии в осенне-зимний период // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*, 2022, том 58, № 1, с. 109–124.

Публикации в реферируемых научных изданиях (в базе РИНЦ, журналах перечня ВАК)

12. Игнатов А.В., Завалишин Н.Н. Закономерности и модели изменчивости полезного притока в озеро Байкал // *География и природные ресурсы*. – 2021. – №1. – С.37-43.
13. Мартынова Ю. В., Матюхина А. А. Воропай Н. Н., Крупчатников В. Н. Особенности формирования снежного покрова в Сибири и их связь с аномалиями

динамики атмосферы Северного полушария // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем, 2021, Том 6, С. 118–123. doi: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-118-125 (РИНЦ)

14. Завалишин Н.Н. Reasons for modern warming: hypotheses and facts. //Journal of atmospheric and science researcher. - 2022.Vol.5. Iss.1. <https://ojs.bilpublishing.com/index.php/jasr>

15. Klevtsova Yu. Yu. “On the different size of the white noise perturbation in the problem on the inviscid limit of the stationary measure for one model of the atmosphere” // Международная научная конференция «Уфимская осенняя математическая школа - 2021» (г. Уфа, 6-9 октября 2021 г.): Материалы международной научной конференции. Уфа, Аэтерна, 2021. С. 49-50. Публикация РИНЦ (тезисы)

16. Klevtsova Yu. Yu. “On the stationary measure conservation laws for the stochastic system of the Lorenz model describing a baroclinic atmosphere” // International Conference “Mathematical physics, dynamical systems and infinite-dimensional analysis”, Dolgoprudny, Book of Abstracts, June, 30 – July, 9, 2021, p. 91-93.(тезисы) Публикация РИНЦ

17. Градов В.С., Боровко И.В., Крупчатников В.Н. Влияние сокращения морского льда в Арктике на структуру циркуляции атмосферы/ Интерэкспо Гео-Сибирь, 2021 –РИНЦ -ссылка на грант РФФ №19-17-00154

18. Топоров В.М., Пищимко О.И. Однородность и стационарность информации по стоку рек Новосибирской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. т.4. №1. – С. 217-225. РИНЦ, ВАК

19. Копылов В.Н., Климов О.В. Разработка оптимального режима работы тепловой электростанции с использованием численного моделирования термогидродинамических процессов в водохранилище-охладителе // Известия вузов. Строительство. 2021. №3. С. 78-92. РИНЦ, ВАК

20. Романов Л.Н., Бочкарева Е.Г. Сезонный прогноз средней месячной температуры по территории Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. Том 4, №1. 2021 . С. 199-209. РИНЦ

21. Гочаков А.В., Блинов Д.В., Захарченко Д.И., Антохина О.Ю., Ажигов И.О., Шихов А.Н. Исследование возможностей прогноза опасных конвективных явлений на территории Западной Сибири с помощью моделей консорциума COSMO // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. – 2021 - с. 6-19.

22. Колкер А.Б. Влияние фактора балансировки обучающей выборки на успешность алгоритмов машинного обучения // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021, с. 30-37 (РИНЦ)

23. Клевцова Ю.Ю. О невязком пределе стационарных мер для некоторых моделей атмосферы // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021, (РИНЦ) с.38-42.

24. Завалишин Н. Н., Игнатов А. В., Бочкарева Е. Г., Пальчикова Н. В., Орлова З. С. Опыт долгосрочного прогнозирования гидрометеозаэментов на территории Сибири и смежных регионов // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 43-58.

25. Здерева М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А, Воробьева Л.П. Опыт применения алгоритмов физико-статистической интерпретации выходных полей разных моделей для прогноза погоды // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 59-69.

26. Старостина Т.В., Пищимко О. И., Пищимко В. В. Автоматизированная технология прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических

прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с.92-99.

27. Набока В.В., Пахомова Т.М. Опыт применения динамической модели агроценоза суточного разрешения (ВНИИСХМ, Сиротенко О.Д.) для агрометеорологического обеспечения растениеводства в Западной Сибири // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 100-111.

28. Топоров В.М. Закономерности временных колебаний стока рек Новосибирской области // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 126-136.

29. Климов О. В., Казьмин С. П. Экологический мониторинг загрязнения природной среды в районах разработки нефтяных месторождений Западной Сибири // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 147-160.

30. Копылов В.Н. Современные тенденции изменения в Сибири климатических параметров, влияющих на строительную отрасль // Труды СибНИГМИ, «Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири». Вып. 107. Новосибирск, Издающая организация – Сибирское отделение РАН. – 2021. (РИНЦ), с. 186-197.

31. Завалишин Н.Н. Reasons for modern warming: hypotheses and facts. //Journal of atmospheric and science researcher. - 2022.Vol.5. Iss.1. <https://ojs.bilpublishing.com/index.php/jasr>

32. Klimov O.V. Kopylov V.N., Modeling of wind fields and concentration of sulfur oxides in the Norilsk industrial region // Proceedings of the Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support in Khanty-Mansiisk. Atlantis Press. 2021.

33. Немировская Л.Г. Создание банков данных характеристик периодов режима осадков, дополненных показателями температурно-влажностных условий, для оценки на их примере изменения регионального климата и улучшения гидрометобеспечения юго-востока Западной Сибири//XIV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу:Тезисы докладов российской конференции с международным участием/Под ред. Е.А. Головацкой - Томск, 19-22 октября 2021 г., с. 39-41.