

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «СибНИГМИ»

к.т. н. А.Б. Колкер

01.01. 2020 г.

О Т Ч Е Т
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
СИБИРСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
(ФГБУ «СИБНИГМИ»)
В 2019 ГОДУ

Новосибирск

2019

РЕФЕРАТ

Отчет 134 с., 61 илл., 17 табл.

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

В отчете приведены результаты, полученные по завершении научно-исследовательских работ по темам трехлетнего Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг., инициативных работ, проведенных в 2019 году, а также работ 2019 года по договорам с иными организациями. Освещены мероприятия по другим направлениям деятельности института, в том числе публикационная активность, научно-методическая работа, взаимодействие со СМИ, участие в выставках, конференциях, совещаниях и т.п.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (РАЗДЕЛ 1)	5
МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ПРОГНОЗОВ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.1)	5
ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА, ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ. ОЦЕНКА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.3)	65
РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.4)	90
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.6).....	111
ДРУГИЕ РАБОТЫ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РАЗДЕЛ 2) .	115
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ФГБУ «СИБНИГМИ», ФИНАНСИРУЕМЫЕ ИЗ ИНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	118
ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР В 2019 ГОДУ	120
СВИДЕТЕЛЬСТВА О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.....	121
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ РАБОТА.....	122
I. ИНСПЕКЦИИ.....	124
II. МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО.....	124
III. РАБОТА МЕТОДИЧЕСКОГО КАБИНЕТА ФГБУ «СибНИГМИ»	124
РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА ФГБУ «СИБНИГМИ».....	125
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	127
РАБОТА СО СМИ	127
РАБОТА С КАДРАМИ	127
СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТИИ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ, СИМПОЗИУМАХ, СЕМИНАРАХ И ВЫСТАВКАХ	128
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	128

ВВЕДЕНИЕ

В 2019 году сотрудники СибНИГМИ закончили цикл научно-исследовательских работ трехлетнего Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг. Результаты получены по тринадцати темам Целевой научно-технической программы «Научные исследования и разработки в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды», в том числе, по семи темам ЦНТП-1 (Методы, модели и технологии гидрометеорологических расчетов и прогнозов), трем темам ЦНТП-3 (Исследования климата, его изменений и результатов этого изменения, их последствий. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов), трем темам ЦНТП-4 (Развитие системы мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды), одной темы ЦНТП-6 (Геофизические исследования. Технологии активных воздействий на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления). Оперативно-производственная работа выполнялась в рамках Раздела 2 «Другие работы для государственных нужд в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». Выполнен также ряд научно-исследовательских работ в интересах и за счет средств иных заказчиков.

По всем темам подготовлены заключительные отчеты и зарегистрированы в Единой государственной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ). Тексты заключительных отчетов доступны для просмотра и скачивания по адресу <http://rosrid.ru>.

В 2019 году было внедрено 8 новых методов и технологий, успешно прошедших испытания и одобренных техническими советами Управлений по гидрометеорологии, ЦМКП Росгидромета; их перечень приведен в настоящем отчете.

Получены четыре свидетельства 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 шесть заседаний Ученого совета института, на которых обсуждались научные результаты и проблемные вопросы.

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>

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (РАЗДЕЛ 1)

МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ПРОГНОЗОВ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.1)

1.1.1. Развитие технологий наукастинга, сверхкраткосрочных и краткосрочных прогнозов метеорологических полей и опасных явлений на основе мезомасштабного моделирования и усвоения данных наблюдений.

Наименование и индекс темы.

1.1.1.1 Разработать суперкомпьютерную оперативную технологию численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе модели ICON-COSMO (шаги сетки 6.6 км и менее) по территории северной Евразии (включая всю территорию СНГ).

Ожидаемый результат по теме.

Суперкомпьютерная оперативная технология численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе модели ICON-COSMO (шаги сетки 6.6 км и менее) по территории северной Евразии (включая всю территорию СНГ) на основе системы ICON-LAM с возможностью телескопизации и применением вложенных сеток с шагами до 500 м для решения задач городской метеорологии. Технология прогнозирования загрязнения воздуха в мегаполисах на базе модели ICON-COSMO-ART.

Полученный результат для ФГБУ «СибНИГМИ».

Создана оперативная негидростатическая модель прогноза основных характеристик погоды на 3 суток COSMO-Ru на суперкомпьютере Cray-XC40 с использованием данных прогноза по глобальной модели ICON с разрешением 13 км и квазиоперативная с разрешением 6,6 км для территории Урало-Сибирского региона. Модель COSMO-RU-Sib с шагом 6.6 км по территории Западной Сибири и Урала введена в эксплуатацию на суперкомпьютере Cray XC40-LC и внедрена в оперативную работу ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Результаты расчетов в виде метеограмм и метеорологических карт используются синоптиками УГМС (ЦГМС) Урало-Сибирского региона при составлении прогнозов погоды. Гидрометецентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» в оперативной работе.

COSMO 6.6 км покрывает Западную Сибирь и прилегающие территории с 50° до 120° восточной долготы и с 45° до 75° северной широты. По результатам расчетов формируется 1378 карт в сутки с заблаговременностью до 78 часов и с дискретностью по

времени 3 часа, а также метеограммы для 132 пунктов дважды в сутки с дискретностью 1 час.

Для оперативной работы библиотеки и программы были установлены на вычислительный комплекс, обладающий архитектурой с массивной параллельной обработкой, на базе суперкомпьютера Cray XC40-LC. Код модели COSMO состоит из следующих двух программ: программы интерполяции INT2LM и программы негидростатической модели на ограниченной территории COSMO с дополнительными программами для COSMO-ART, разработанные в Технологическом Институте в Карлсруэ (KIT). INT2LM и код модели COSMO реализованы для параллельных компьютеров с распределенной памятью, использующих интерфейс передачи сообщений (MPI), но также может быть установлен на последовательных компьютерах, где MPI недоступно.

Для некоторых компонентов модель COSMO использует внешние библиотеки. Использование большинства из них можно контролировать с помощью условий компиляции. Это библиотеки для работы с GRIB от DWD или ECMWF, библиотека для работы с NetCDF.

Поскольку модель COSMO является региональной системой, ей необходимы данные о границах из внешней глобальной модели. Для режима численного прогноза используется ICON - модель в качестве внешней модели. Кроме того, данные COSMO-модели могут использоваться в качестве граничных данных для прогона COSMO-модели с более высоким разрешением. Граничные данные интерполируются на сетку COSMO-модели с помощью программы INT2LM.

Для климатического режима возможно использование нескольких внешних моделей. Препроцессор преобразует их данные в общий формат, который может быть обработан программой INT2LM.

В оперативном режиме прогноза погоды начальные условия для COSMO-модели создаются с помощью системы усвоения данных (DA). В COSMO-модель включена так называемая процедура наджинга, которая притягивает состояние модели к доступным наблюдениям. Для обычных тестовых прогонов и научных исследований исходные данные также могут быть получены из внешней модели с использованием программы INT2LM.

Этот же способ применяется для моделирования климата, поскольку ассимиляция данных тогда не используется.

Внешние параметры используются для описания поверхности Земли. Эти данные включают топографию и маску земля-море. Кроме того, в ячейке сетки указываются несколько параметров для определения типа почвы или растительного покрова.

Визуализации производится с помощью системы анализа и визуализации сеточных функций GrADS, которая поддерживает сдвинутые сферические координаты,

используемые в модели COSMO. Результатом работы модели, являются наборы прогностических карт и метеограмм, часть из которых представлена на рисунках 1-5.

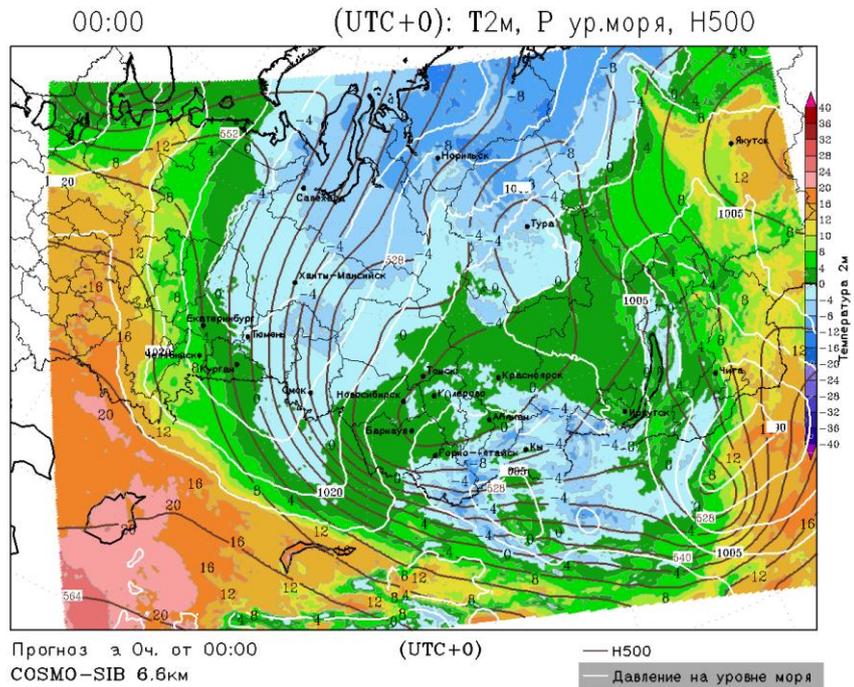


Рисунок 1 – Приземная температура, давление на уровне моря

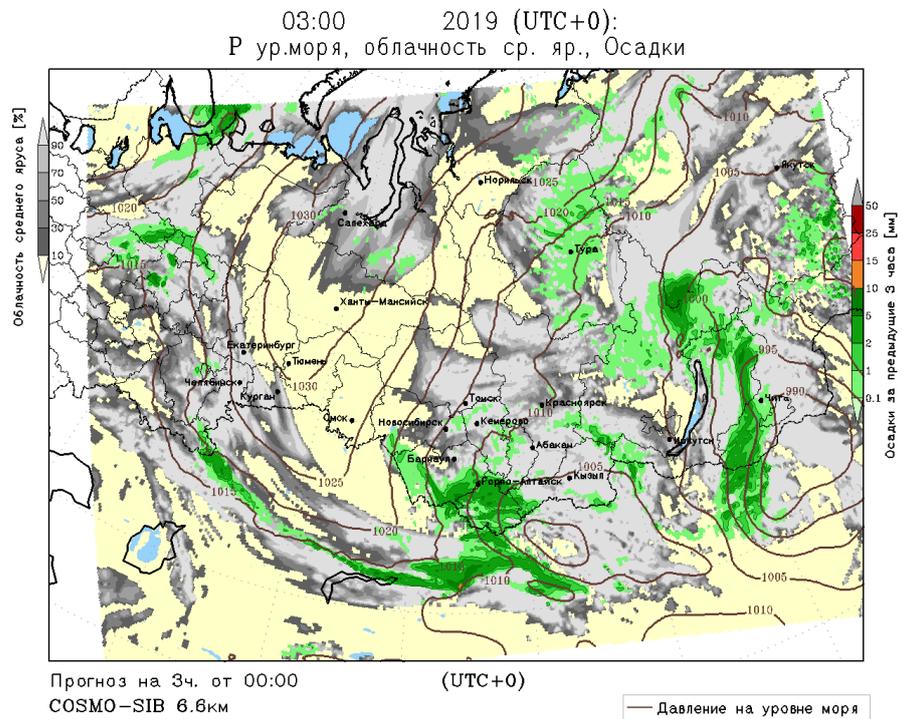
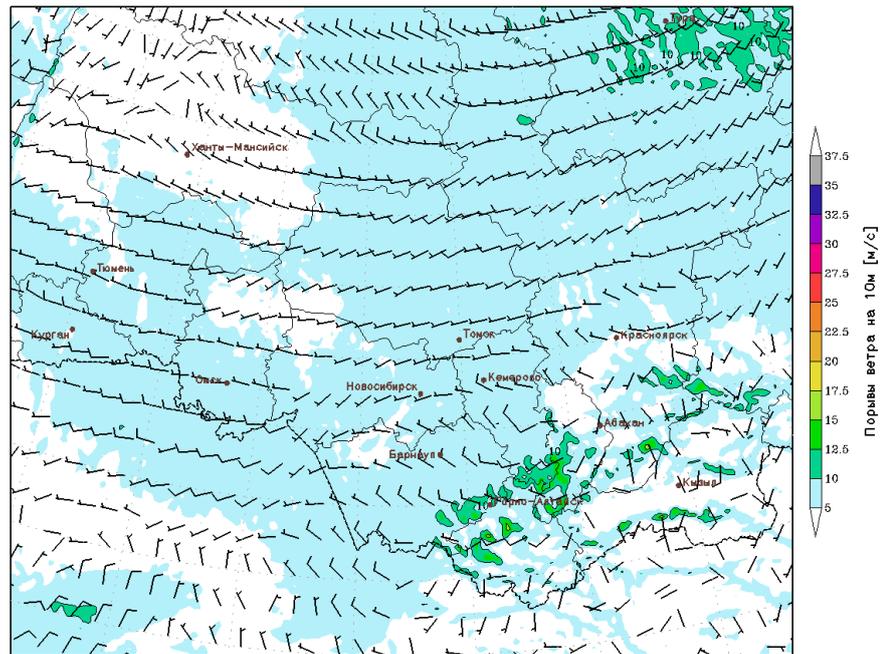


Рисунок 2 – Давление на уровне моря, облачность, осадки

06:00 14дек 2019 (UTC+0): Ветер на 10м

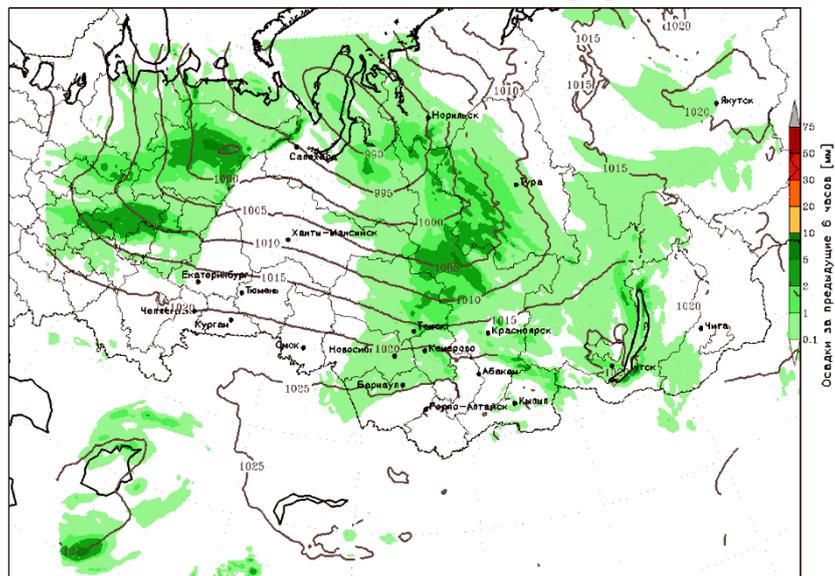


Прогноз на 78ч. от 00:00 11дек 2019 (UTC+0)
COSMO-SIB 6.6км

— Ветер на 10м

Рисунок 3 - Ветер на 10 м.

06:00 11дек 2019 (UTC+0):
Осадки за предыдущие 6 часов [мм]

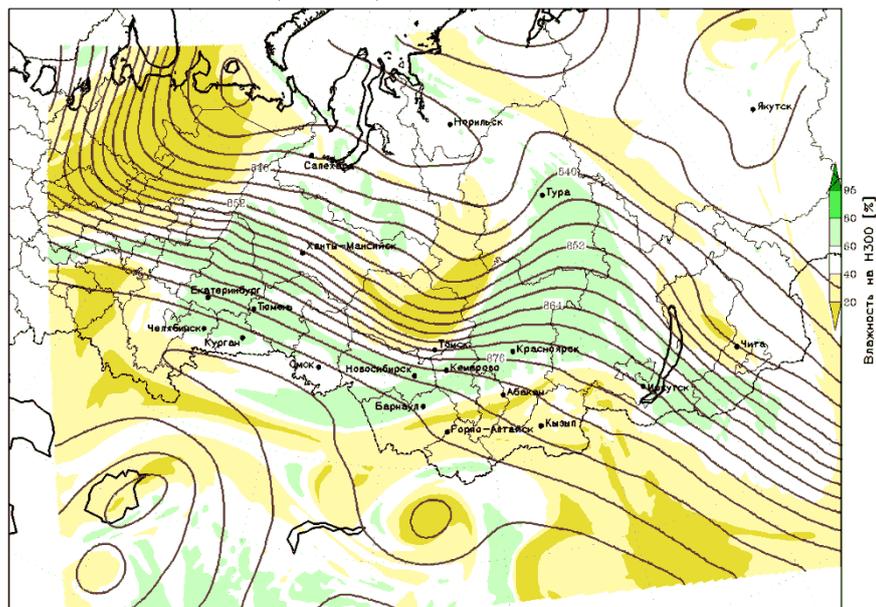


Прогноз на 6ч. от 00:00 11дек 2019 (UTC+0)
COSMO-SIB 6.6км

— Давление на уровне моря

Рисунок 4 - Осадки за предыдущие 6 часов

06:00 11дек 2019 (UTC+0): Н300, Относительная влажность



Прогноз на 6ч. от 00:00 11дек 2019 (UTC+0) — н300
COSMO-SIB 6.6км

Рисунок 5 - Относительная влажность

В настоящее время прогностическое применение модели COSMO осуществляется на масштабе мезо-β с шагом сетки 6.6 км. Основная цель - точный численный прогноз погодных условий в приповерхностном слое, с акцентом на облаках, тумане, фронтальных осадках, локальном ветре, вызванным орографическими и термическими неоднородностями. В марте 2019 года был подписан акт о внедрении в оперативную технологии численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе модели COSMO-RU-Sib с шагом 6.6 км по территории Западной Сибири и Урала. Технология введена в эксплуатацию на вычислителе на базе суперкомпьютера Cray XC40-LC и внедрена в оперативную работу РВЦ ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Результаты расчетов в виде метеограмм и метеорологических карт используются синоптиками УГМС Урало-Сибирского региона Гидрометцентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» в оперативной работе.

Расчетные данные публикуются на серверах ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» и ФГБУ «СибНИГМИ», предоставляя доступ к информации конечным пользователям.

Календарный план выполнен.

Наименование и индекс темы.

1.1.2.1 «Развитие системы детерминистского и ансамблевого среднесрочного прогноза на базе модели ПЛАВ»

Ожидаемый результат по теме для ФГБУ «СибНИГМИ»: схема многослойной инициализации влагосодержания почвы в модели ПЛАВ с использованием спутниковых данных наблюдений.

Полученный результат.

В целом тема выполняется головным институтом – Гидрометцентром России; СибНИГМИ как соисполнитель принимал участие в решении конкретной задачи. Работа выполнена в рамках темы 1.1.2.1 Плана НИОКР Росгидромета, научным руководителем которой является заведующий лабораторией ФГБУ «Гидрометцентр России» доктор физико-математических наук М.А. Толстых.

В ходе работы был реализован упрощенный расширенный фильтр Калмана для комбинированного усвоения спутниковых данных влажности почвы инструмента ASCAT и приземных характеристик (температуры и относительной влажности). Включение в анализ приземных наблюдений для коррекции глубоких слоев почвы вместе с данными ASCAT ограничило применимость первых, т.к. анализ производился только в тех узлах модели, где были данные всех видов наблюдений. С другой стороны, выбор окна ассимиляции больше бч, когда спутниковых данных могло быть больше, стал невозможен, т.к. на таких заблаговременностях прогноза не выполнялась гипотеза линейного оператора наблюдений. Также по сравнению с использованием только приземных наблюдений в упрощенном расширенном фильтре Калмана, пришлось изменить горизонты почвы, участвующие в анализе, на имеющие меньшую концентрацию корней, для уменьшения рассогласованности профиля влажности почвы.

Комбинированный подход к инициализации полей влагосодержания почвы позволил улучшить прогноз приземной температуры по сравнению с методом оптимальной интерполяции для поверхностного слоя почвы и отсутствием анализа на глубине для прогнозов с заблаговременностью бч.

Календарный план выполнен.

1.1.5. Разработка методов автоматизированного мониторинга и прогнозирования опасных быстроразвивающихся гидрологических процессов на реках, методов прогноза элементов гидрологического режима рек и водохранилищ на территории России

Индекс и наименование темы: 1.1.5.6

Разработать технологию прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением микроволновой спутниковой оценки высоты снежного покрова, совместно с другими доступными источниками информации о снегонакоплении и современных систем прогнозирования погоды.

Ожидаемый результат по теме:

Технология прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением микроволновой спутниковой оценки высоты снежного покрова, совместно с другими доступными источниками информации о снегонакоплении и современных систем прогнозирования погоды.

Полученный результат.

Проведена модернизация технологии прогноза характеристик стока весеннего половодья Сибирских рек, которая находится в оперативной эксплуатации в отделе оперативных гидрологических прогнозов Западно-Сибирского Гидрометцентра.

В технологию введены современные источники данных о снегонакоплении, в частности, данные об оценке высоты снежного покрова на основе информации микроволнового радиометра AMSR 2 со спутников GCOM W, а также другие источники данных (спутниковые оценки относительной заснеженности, данные цифрового моделирования погоды и глобальной системы данных о поверхности Земли GLDAS). Усовершенствованная технология позволяет повысить надёжность оперативных гидрологических прогнозов характеристик стока весеннего половодья за счёт уточнения информации о запасах снега на основе данных микроволнового радиометра AMSR 2.

В процессе исследований было выяснено, что для метеостанций с большим зимними накапливаемыми снеготпасами проявляется ограничение на максимальный снеготпас, который может быть оценён по данным AMSR 2. В описании методики приводятся верхние оценки высоты снежного покрова, обнаруживаемые методом, в 1 м, что соответствует снеготпасу в 150–400 кг/м². И, действительно, максимальное зарегистрированное значение в окрестностях метеостанций по данным AMSR 2 составило 565 кг/м². Однако, фактически по результатам сравнения максимально обнаруживаемый снеготпас по данным AMSR 2 для многоснежных метеостанций значительно ниже — в районе 75–200 кг/м² при фактических максимумах по наземным данным 200–950 кг/м².

На рисунке 6 приведены снеготпасы метеостанций, ранжированные по максимальному наблюдаемому снеготпасу по наземным данным. Данные отсортированы по возрастанию наземных максимумов снеготпаса, ранг отложен по горизонтальной оси, а по вертикальной приведены максимумы снеготпаса. Очевидно, что только левая треть метеостанций на графике имеет соизмеримые наземные и спутниковые максимумы, тогда как на правых двух третях спутниковые максимумы никогда не достигают наземных величин.

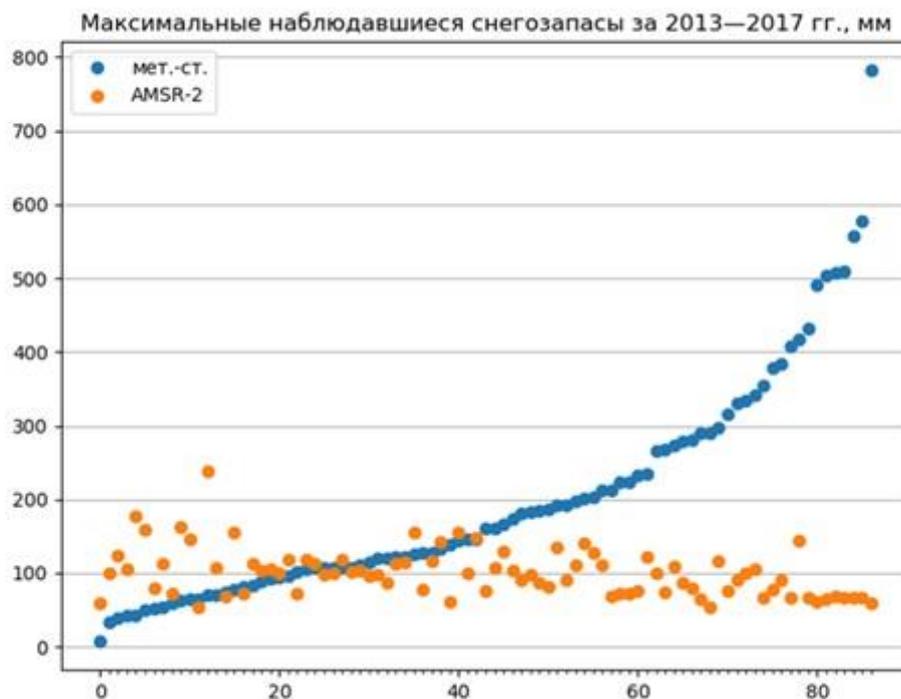


Рисунок 6 — Максимальные наблюдаемые снегозапасы по наземным и спутниковым данным, ранжированные по наземным максимумам

Неприятным является также тот факт, что из самих данных AMSR-2 признаки его ограничения никак не вытекают, и чтобы это ограничение обнаружить требуются независимые наземные данные. Поэтому из дальнейшего исследования были исключены метеостанции, для которых наблюдавшийся максимум оценки снегозапаса по AMSR-2 не достигал наблюдаемых максимумов по наземным данным. После исключения осталось 34 пункта из 104.

Карта распределения оставленных и исключённых метеостанций не показывает какого-либо значимого географического фактора, по которому можно было бы без использования наземных данных судить о применимости спутниковых оценок снегозапасов.

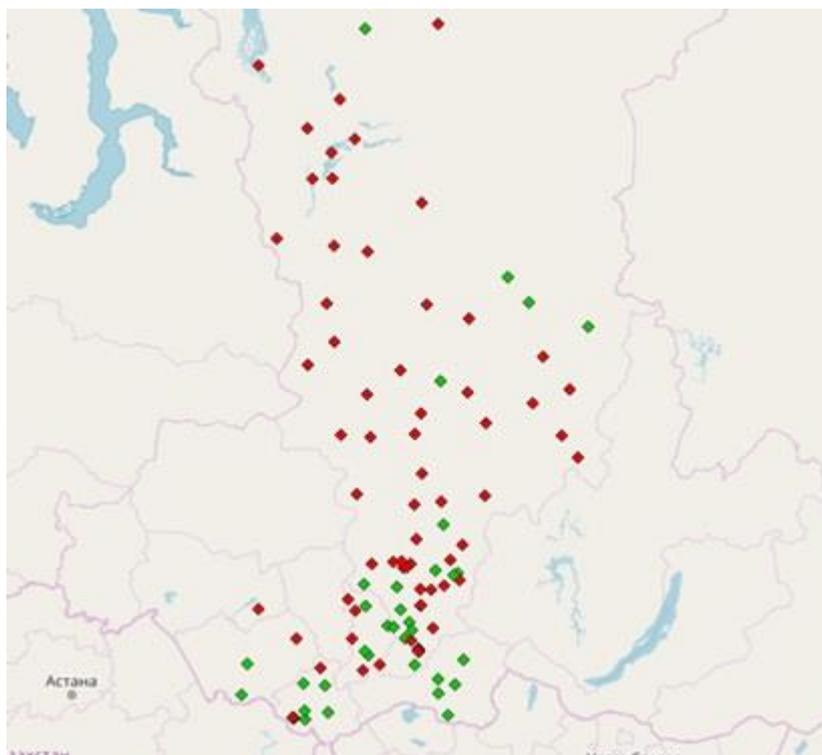


Рисунок 7 — Карта метеостанций по признаку превышения спутниковых максимумов снегозапаса над наземными (зелёные — превышающие наземные максимумы, красные — не достигающие наземных максимумов)

В целом по разделу темы 1.1.5.6, посвящённому разработке технологии прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением оценки высоты снежного покрова по микроволновой спутниковой съёмке и системы численного моделирования параметров окружающей среды NCEP GFS, получены следующие результаты и выводы.

Разработана программа автоматического сбора и обработки данных AMSR-2 и NCEP GFS о снежном покрове. Программа запущена в опытную эксплуатацию.

С помощью разработанного программного обеспечения создан электронный архив многолетних данных AMSR-2 и NCEP GFS о снежном покрове. Архив оперативно пополняется текущими данными в результате эксплуатации разработанной программы.

Проведена сравнительная оценка точности определения запасов воды в снеге и высоты снежного покрова по данным AMSR-2 и выявлены особенности этих данных, а именно: использование данных микроволнового радиометра AMSR-2 для оценки запасов воды в снеге возможно только в период снегонакопления и невозможно в период снеготаяния; для обеспечения полного покрытия территории, в том числе для широты меньше 51° , необходимо использовать, как минимум, данные за двое суток.

При необходимости связать данные о запасах воды в снеге с AMSR-2 с данными наземных измерений требуется построение отдельной регрессионной зависимости для

каждого пункта наземных измерений с подбором узла сетки данных AMSR-2 с наибольшим коэффициентом корреляции в качестве независимой переменной.

Построение регрессионной зависимости не всегда возможно по условиям местности вокруг метеостанции.

Максимальные возможные снегозапасы в точке метеостанции не должны превышать величины около 200 кг/м^2 , выше которой снегозапасы по данным AMSR-2 оценить невозможно по условиям применимости методики.

Фактические максимальные регистрируемые снегозапасы в данном месте необходимо определять по наземным данным.

Проведена сравнительная оценка точности определения запасов воды в снеге и высоты снежного покрова по данным NCEP GFS и выявлены особенности этих данных, а именно: данные имеют крупный шаг сетки — $0,5^\circ$, что соответствует $27 \times 55 \text{ км}$ на широте 60° — и поэтому поля имеют сильную неоднородность в горной местности, вызванную попаданием различных высотных зон в один и тот же крупный пиксель; данные имеют некорректное соотношение между высотой снежного покрова и запасами воды в снеге — плотность снега получается около 100 кг/м^2 , тогда как обычно она лежит в диапазоне $200 \dots 300 \text{ кг/м}^2$, а максимальный диапазон — $100 \dots 420 \text{ кг/м}^2$.

Использование данных для связи с данными наземных измерений нецелесообразно из-за низкой корреляции, вызванной крупным шагом пикселей.

По разделу темы 1.1.5.6, посвящённому методу и технология прогнозов приземной температуры воздуха и осадков на 1–3 суток, получены следующие результаты:

модель ПЛАВ даёт большой процент ложных тревог при прогнозе слабых осадков; модель COSMO имеет высокую предупреденность сильных осадков; а модель ПЛАВ точнее попадает в эту категорию;

результаты по модели GFS(NCEP) близки к результатам прогнозов факта осадков по модели COSMO, но отличаются по количеству с неустойчивым перевесом в каждую сторону;

результаты прогнозов осадков по модели UKMO можно рассматривать лишь для оценки наличия/отсутствия осадков в силу несоизмеримой по размеру ячейки по сравнению с остальными моделями (осадки размазаны по большей площади).

Результат привёл к следующему алгоритму:

- факт наличия осадков прогнозируется, если они есть по двум и более моделям;
- если по всем моделям осадки менее 5мм, их количество вычисляется как среднее по трём моделям (без UKMO);
- если хотя бы по одной модели осадки более или равны 5 мм, среднее вычисляется только по выходным модельным результатам с наличием осадков.

В части совершенствования программного обеспечения «Капля» для гидрологических прогнозов:

- реализовано автоматическое скачивание и обновление уточнённых метеоданных;
- реализовано автоматическое скачивание данных о высоте снежного покрова и запасах воды в снеге по данным AMSR-2 и NCEP GFS;
- реализовано автоматическое скачивание данных о заснеженности;
- реализована процедура оптимизации начальных снегозапасов по спутниковым оценкам заснеженности.

В результате всех усовершенствований ПО «Капля» позволяет использовать все виды разнообразной спутниковой информации о снежном покрове, а также использовать её для уточнения начальных снегозапасов— единственного входного параметра по снегу в используемой гидролого-математической модели прогнозирования уровней и расходов воды в реках и водохранилищах.

В результате проведённых работ была создана подготовленная к оперативным испытаниям технология прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением микроволновой спутниковой оценки высоты снежного покрова, совместно с другими доступными источниками информации о снегонакоплении, реализующая метод краткосрочного прогнозирования уровней и расходов воды в реке Обь на участке до г. Барнаула с применением оценки высоты снежного покрова по данным с микроволнового радиометра AMSR-2 спутников GCOM-W1.

Календарный план выполнен.

1.1.7. Разработка и усовершенствование методов прогнозов и технологий агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

Индекс и наименование темы 1.1.7.1 Разработка и усовершенствование методов прогнозов и технологий агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

П.1. Разработка методов и технологий агрометеорологических прогнозов и оперативного мониторинга условий вегетации основных сельскохозяйственных культур на основе данных наземных наблюдений.

Ожидаемый результат по теме для ФГБУ «СибНИГМИ».

Автоматизированная технология оценки условий вегетации и динамико-статистических прогнозов урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области, кукурузы по Новосибирской области.

Метод прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области.

Полученный результат

Данная работа в связи с острой необходимостью обновления существующих в настоящее время методов агрометеорологических прогнозов. Методы и технологии оценки условий формирования урожая и прогноза средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по территории Томской области и зелёной массы кукурузы по Новосибирской области разрабатывались на основе динамико-статистического подхода с использованием модели «Погода–Урожай» (ВНИИСХМ, Сиротенко О.Д.) .

Методы, модели прогнозов урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области с использованием наземной и спутниковой информации разработаны на основе физико-статистического подхода. Модели включают наряду со стандартными агрометеорологическими параметрами новые спутниковые данные дистанционного зондирования.

Разработка методов выполнялась с ориентацией на принятые в Росгидромете оперативные сроки составления прогнозов урожайности зерновых и зернобобовых культур, яровой пшеницы, кукурузы.

При разработке технологии оценки условий формирования урожая и прогноза средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по территории Томской области и зелёной массы кукурузы по Новосибирской области в качестве базового средства расчетов применен апробированный (в том числе и для расчета динамики листостебельной массы кукурузы в условиях Алтайского края) вариант динамико-статистической модели продукционного процесса зерновых культур «Погода–Урожай» с суточным разрешением.

Разработка методов и технологии оценки условий вегетации и прогноза урожайности зелёной массы кукурузы по Новосибирской области

Для адаптации модели к современным условиям произрастания кукурузы на территории Новосибирской области, в том числе и к соответствующему уровню урожайности зелёной массы кукурузы в регионе, привлечены данные десяти опорных гидрометеорологической сети. Материалы этих станций наиболее полно характеризуют разнообразие природно-климатических условий обширной территории области и являются наиболее информативными в отношении формирования входного потока информации для решения поставленной задачи. Станции Огурцово, Коченёво, Ордынское, Каргат, Здвинск, Чистоозёрное, Купино, Баган, Краснозёрск, Карасук расположены в районах с наибольшими посевными площадями, занимаемыми в настоящее время посевами кукурузы на силос и зелёный корм. Информация по числу часов солнечного сияния восполняется по данным близлежащих ГМС, выполняющим наблюдения по гелиографу.

Для направленной работы динамической модели формирования урожая заданной культуры корректировке подвергались параметры, наиболее сильно влияющие на расчет текущих значений биомассы отдельных органов растений и влажности корнеобитаемого

слоя почвы: угол наклона световой кривой фотосинтеза (α), константа (a) в формуле расчета устьичного сопротивления потоку CO_2 , химическое сопротивление (r_c), параметр (K_0) в формуле расчета гидравлической проводимости почвы, константа для вычисления транспирации (m). Для этого решается задача максимального пошагового приближения рассчитанных при помощи модели и фактических величин урожайности. Оптимальные величины параметров определяются на основе оценок согласования результатов модельных расчетов с данными по урожайности территориальных органов Федеральной службы государственной статистики.

Такие параметры модели как средние даты наступления фаз развития растений и суммы эффективных температур для их прохождения, густота посева уточняются методом статистической обработки данных многолетних агрометеорологических наблюдений гидрометеорологических станций, расположенных в ареале распространения производственных посевов культуры. По справочным материалам уточняются агрогидрологические свойства отдельных слоёв преобладающих типов почв в расположении выбранных опорных станций, выполненным по полной программе, фиксируются координаты станций.

Определение и уточнение параметров модели выполнено путем статистической обработки данных наблюдений за 1991-2014 годы и методом итерационного подбора оптимальных величин параметров. Решалась задача максимального пошагового приближения рассчитанных при помощи модели и фактических величин средней урожайности. Оптимальные величины параметров определялись на основе оценок согласования результатов модельных расчетов с данными по урожайности территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области. Оценка согласования рассчитанных и наблюдаемых характеристик выполнена методом корреляционного анализа. Таким образом динамическая модель "Погода-Урожай" адаптирована для расчета средней урожайности зеленой массы кукурузы по Новосибирской области, настроена на средний уровень культуры земледелия на рассматриваемом временном отрезке. При отсутствии значимого тренда урожайности такая настройка модели предполагает некие средние условия уборки культуры. Тренд урожайности зеленой массы кукурузы на временном отрезке, взятом для разработки методов, (1991-2014 годы) не значим на 5%-ном уровне значимости - коэффициент корреляции равен -0,254 при значимой величине равной 0,404.

В данном регионе, расположенном в так называемой зоне рискованного земледелия, условия уборки сельскохозяйственных культур нередко вносят существенный вклад в конечный результат всего процесса формирования урожая. Для учёта потерь урожая в связи со сложными погодными условиями в период уборочных работ предложена

поправка в виде средней из абсолютных ошибок расчетных величин урожайности по фактическим данным за полный период вегетации в такие годы для данной культуры. Годы со сложными условиями уборки выбирались по описанию периодов в агрометеорологических ежегодниках.

Анализ модельных расчетов по заключительному варианту идентификации параметров показал, что среднее значение из абсолютных ошибок расчета урожайности зеленой массы кукурузы по фактическим данным в годы с тяжелыми условиями уборки по Новосибирской области (1997, 1998, 1999, 2009, 2010, 2012, 2014 годы) составляет 71,2 ц/га, в сторону превышения относительно фактических величин.

Результат адаптации динамической модели - степень согласования рассчитанных, в том числе и с учетом поправки на условия уборки, и фактических величин средней областной урожайности зеленой массы кукурузы, показан на рисунке 8.

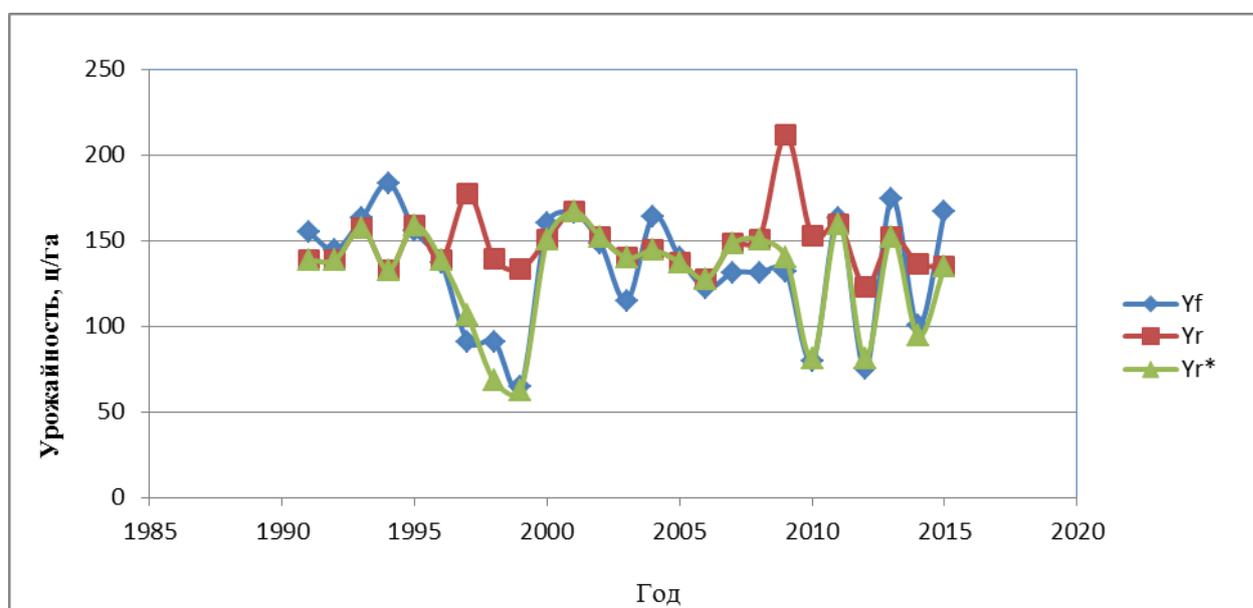


Рисунок 8 - Согласование модельной (Y_r), в том числе с учетом поправок на условия уборки (Y_r^*), средней урожайности зелёной массы кукурузы по Новосибирской области и фактической (Y_f)

Получены значимые коэффициенты корреляции модельных и наблюдаемых запасов продуктивной влаги в почве под кукурузой на примере третьей декады июля по данным сопряженных длиннорядных наблюдений агрометеорологической станции Огурцово в Центрально-Восточной зоне и комбинированного ряда данных наблюдений станций, освещающих условия вегетации кукурузы в Кулундинской зоне области (рисунки 9, 10). Среднее отклонение модельных запасов влаги от наблюдаемых на начало репродуктивного развития растений кукурузы составляет в слое почвы 0-20 см по АМС

Огурцово 8 мм, по Кулундинской зоне 7,8 мм, а в слое 0-100см по АМС Огурцово - 17,4 мм, по Кулундинской зоне -19,2 мм.

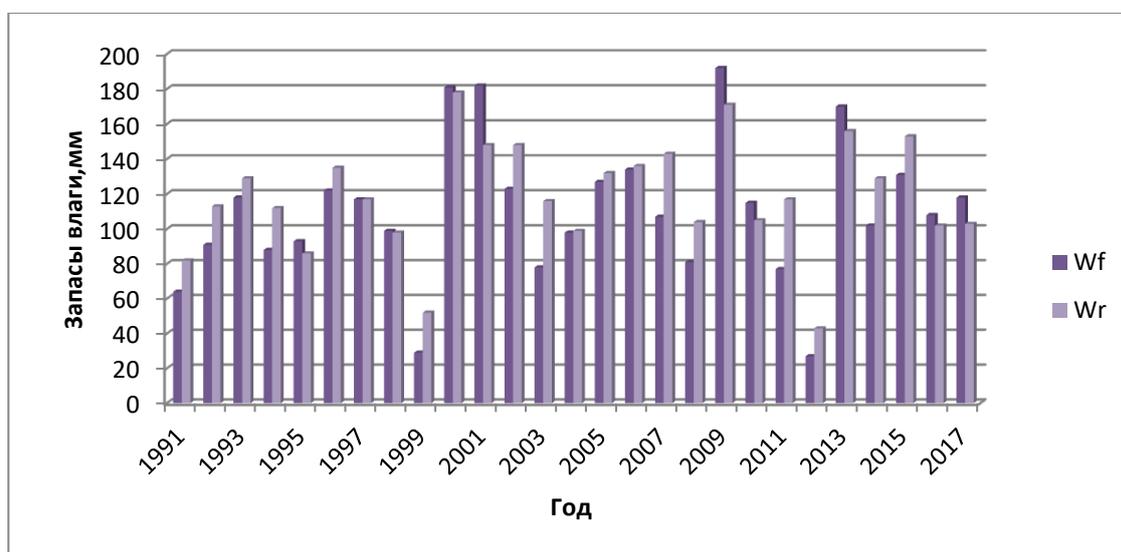
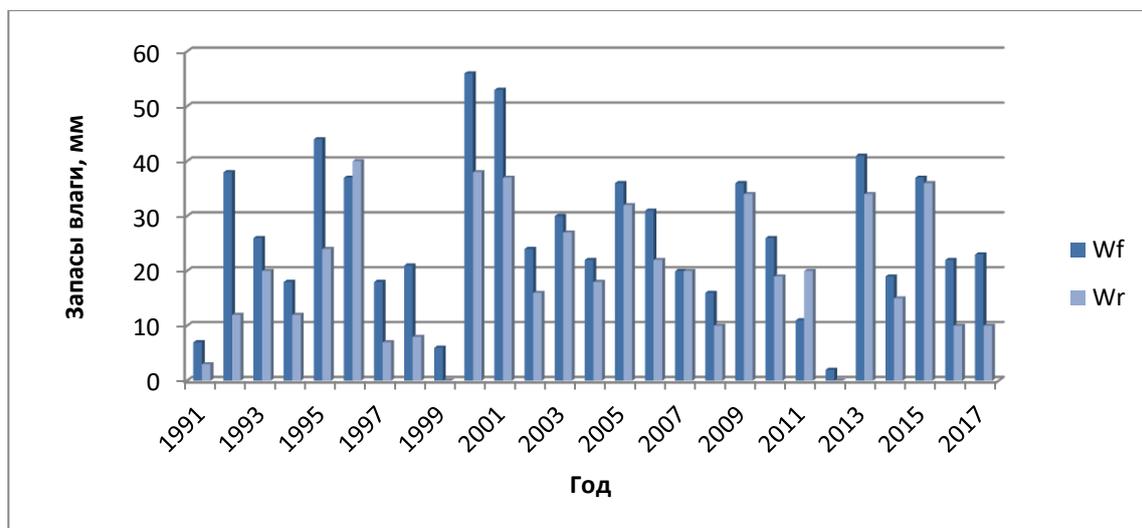
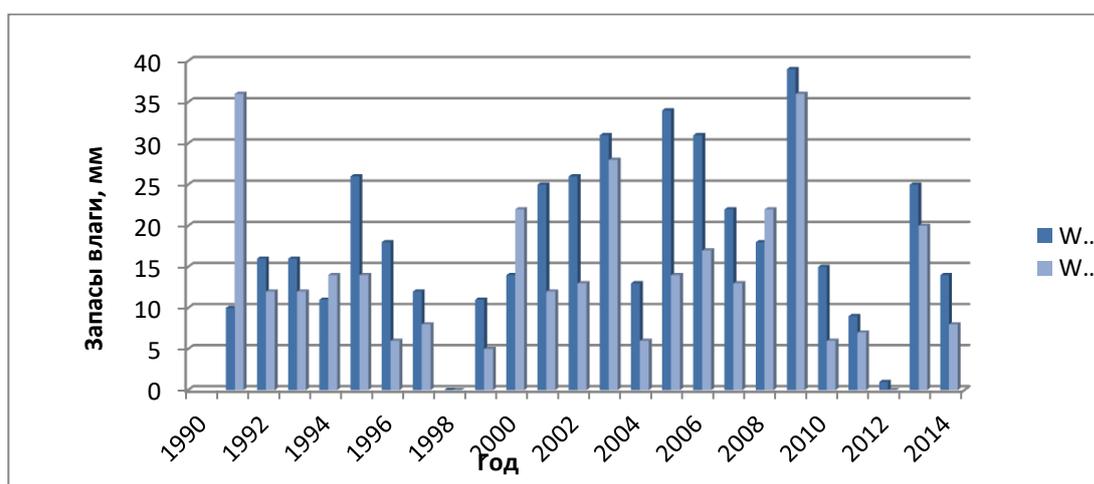


Рисунок 9 - Согласование модельных (W_r) и наблюдаемых (W_f) запасов продуктивной влаги под кукурузой в слоях почвы 0-20 см (а) и 0-100 см (б). Центрально-Восточная зона, АМС Огурцово, 28 июля



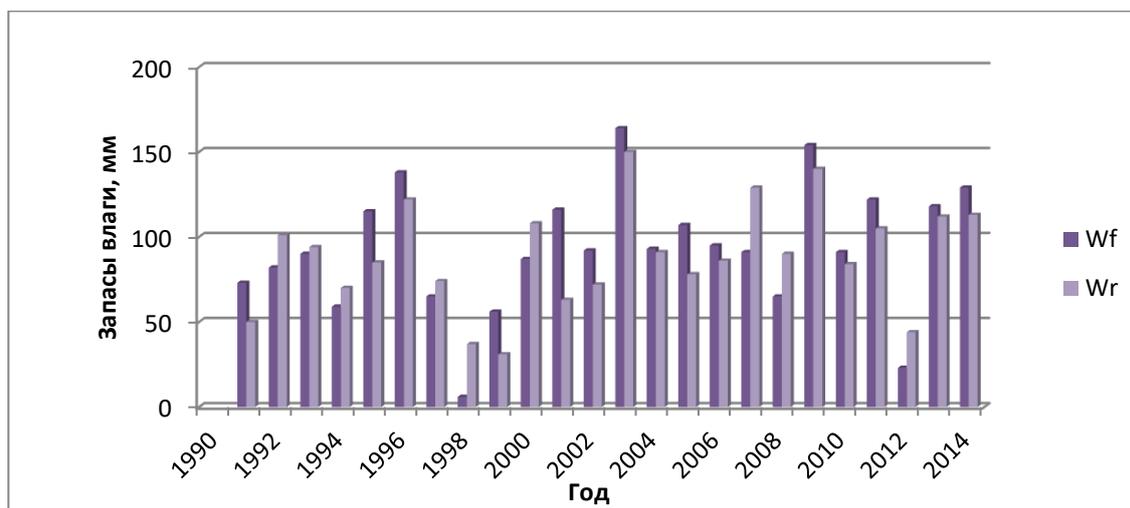


Рисунок 10 - Согласование модельных (W_r) и наблюдаемых (W_f) запасов продуктивной влаги под кукурузой в слоях почвы 0-20 см (а) и 0-100 см (б). Кулундинская зона области, согласно списку станций *, 28 июля.

*Список станций наблюдений по Кулундинской зоне

Верификация модели выполнена на независимых данных 2015-2017 годов с учётом отсутствия значимого тренда урожайности зелёной массы кукурузы по Новосибирской области на данный временной период и величины допустимого отклонения результата расчетов от фактических величин урожайности (таблица 1).

Таблица 1- Результаты верификации модели по урожайности на независимых данных 2015-2017 годов

Год	Урожайность, ц/га		Отклонение, ц/га
	фактическая	рассчитанная	
2015	169,5	172,4	-2,9
2016	183,7	175,8	7,9
2017	158,1	176,1	-18,0

Результаты адаптации модели «Погода-Урожай» для кукурузы по Новосибирской области позволяют сделать заключение о возможности ее применения для практических целей. Адаптированную таким образом модель предполагается применять в качестве средства расчета количественной оценки комплекса условий формирования урожая культуры на заданный момент вегетационного периода в сравнении с выбранным эталоном и ожидаемой урожайности зелёной массы кукурузы.

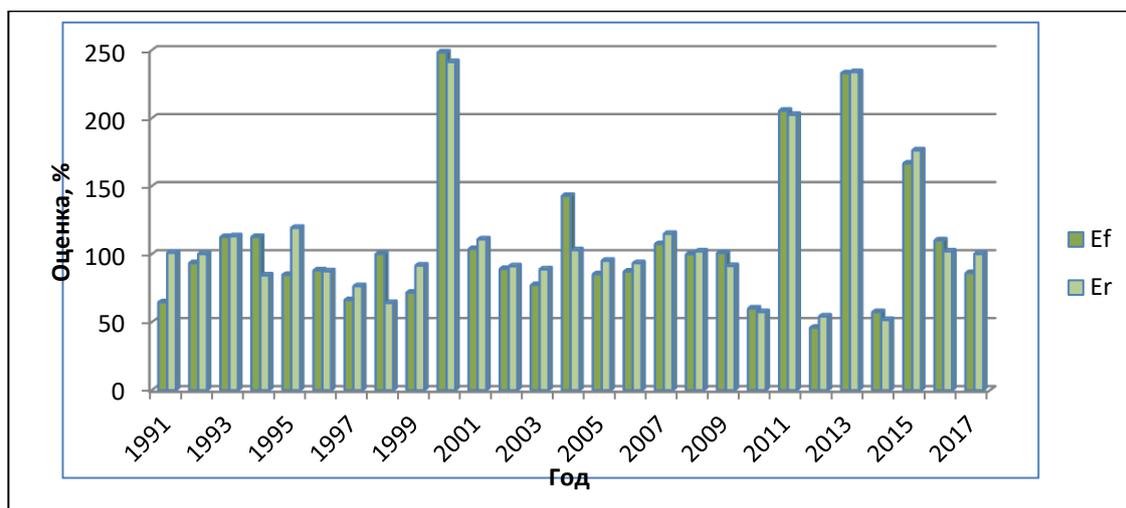


Рисунок 11 - Согласование рассчитанных (E_{r*}) и фактических (E_f) оценок условий формирования урожая зелёной массы кукурузы по Новосибирской области за полный вегетационный период. 2015-2017 годы по независимым данным.*- учтены поправки в годы со сложными условиями уборки

За годы авторской оценки прогноза урожайности зелёной массы кукурузы 2015-2017 годы по допустимому отклонению модельных величин от фактических, согласно , оправдались все прогнозы – оправдываемость метода 100% (рисунок 12).

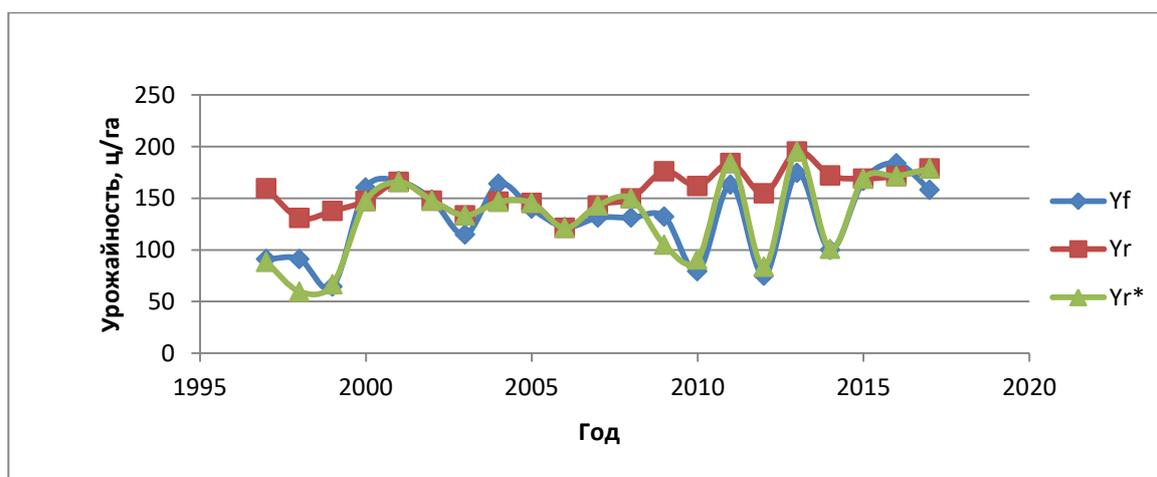


Рисунок 12 - Сравнение ожидаемой средней урожайности зелёной массы кукурузы по Новосибирской области, рассчитанной по сценарию "год-аналог" (Y_f), в том числе с поправкой на условия уборки (Y_{r*}), и фактической (Y_f). 2015-2017 годы по независимым данным

Для разработки методов и технологии оценки условий вегетации и прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области в качестве основного средства расчета необходимых характеристик по группе зерновых и зернобобовых культур была применена динамическая модель формирования урожая яровой пшеницы. Модель была адаптирована к условиям данной территории и к современному уровню урожайности с учетом корреляционной зависимости средней по

территории области урожайности зерновых и зернобобовых культур и средней областной урожайности яровой пшеницы.

В ФГБУ «СибНИГМИ» на основе одного из вариантов динамической модели ВНИИСХМ "Погода-Урожай" разработана прикладная динамическая модель формирования урожая яровой пшеницы с суточным разрешением для условий Западной Сибири. На базе данной модели разработаны и с 2009 года внедрены в оперативную практику методы оценки агрометеорологических условий формирования урожая и прогноза средней урожайности яровой пшеницы по территории Томской, Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края.

Замечено, что расчетные величины урожайности яровой пшеницы за период 2013-2017 годы существенно ниже фактических значений. В конце периода отклонения, превысили допустимые на 1,6 - 4,8 ц/га. Это подтверждает необходимость соблюдать выработанное решение о систематической корректировке методик количественной оценки состояния и прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур в связи с внедрением новых сортов и гибридов, технологий возделывания культур и современными тенденциями изменения климата.

Пошаговые изменения наиболее чувствительных параметров водного блока модели, а именно константа (а) в формуле расчета устьичного сопротивления потоку CO_2 , химическое сопротивление (r_c), параметр (K_0) в формуле расчета гидравлической проводимости почвы, константа для вычисления транспирации (m) не дали ожидаемого эффекта.

Оптимальное приближение рассчитанной и фактической урожайности яровой пшеницы достигнуто путём итерационного подбора величины наиболее чувствительного параметра ростового блока модели - угла наклона световой кривой фотосинтеза - α . Для периода 2001-2011 годы α равно $0,021 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сутки}^{-1}$, для 2012-2015 гг. - $0,024 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сутки}^{-1}$.

Таким образом, динамическая модель "Погода-Урожай" адаптирована на современный уровень средней урожайности яровой пшеницы по Томской области и настроена на средний уровень культуры земледелия на рассматриваемом временном отрезке, в том числе и на некие средние условия уборки культуры. Тренд урожайности яровой пшеницы на временном отрезке 2001-2015 годы не значим на 5%-ном уровне значимости ($r=-0,34$ при значимой величине равной 0,514).

Результат адаптации динамической модели - степень согласования рассчитанных, в том числе и с учетом поправки на условия уборки, и фактических величин средней областной урожайности яровой пшеницы показана на рисунке 13. Обеспеченность

расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей $0,67 \sigma_y$ (1,5 ц/га), за 2001-2015 годы составила 86,7 %. Для справки: величина $0,8 \sigma_y = 1,7$ ц/га.

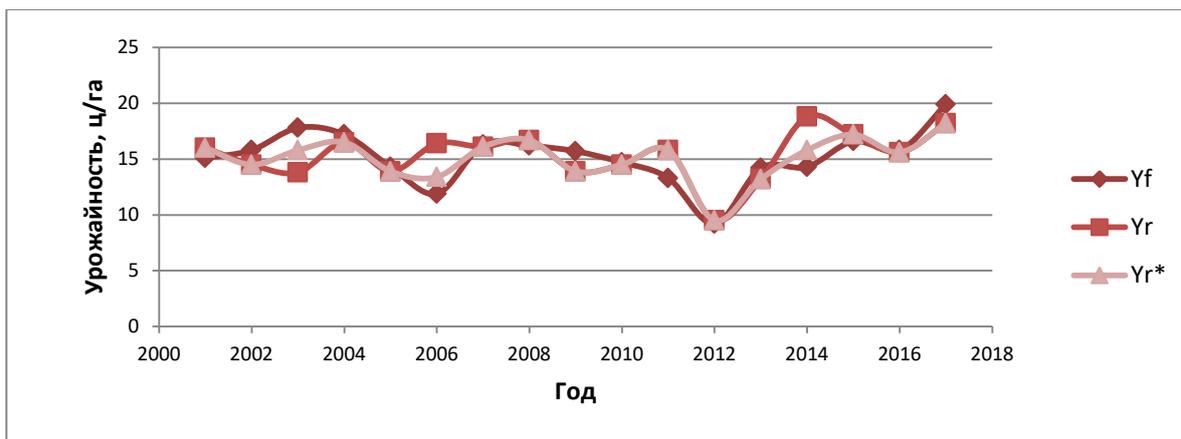


Рисунок 13 - Согласование модельной средней урожайности яровой пшеницы по Томской области (Y_r), в том числе с поправкой на условия уборки (Y_r^*) и фактической (Y_f)

Получены значимые коэффициенты корреляции модельных и наблюдаемых запасов продуктивной влаги в почве под яровой пшеницей на примере третьей декады июля по данным сопряженных длиннорядных агрометеорологических наблюдений станции Томск (рисунки 14, 15).

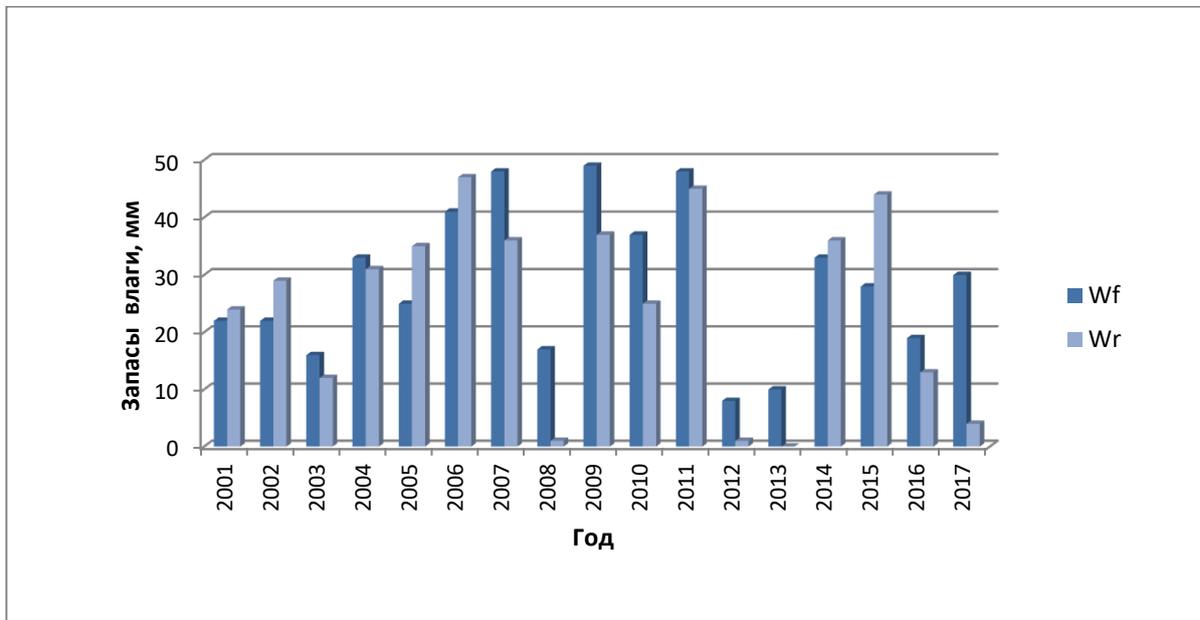


Рисунок 14 - Согласование модельных (W_r) и наблюдаемых (W_f) запасов продуктивной влаги под яровой пшеницей в слое почвы 0-20см, Томск, 28 июля

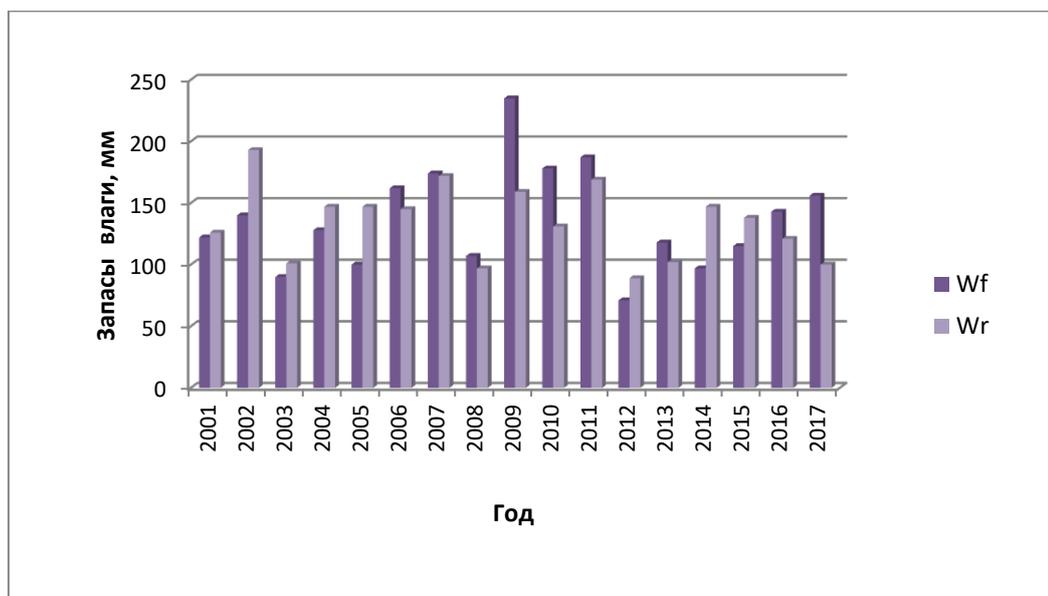


Рисунок 15 - Согласование модельных (W_r) и наблюдаемых (W_f) запасов продуктивной влаги под яровой пшеницей в слое почвы 0-100см, Томск, 28 июля

Среднее отклонение модельных запасов влаги от наблюдаемых на начало периода максимального развития вегетативной массы растений яровой пшеницы составляет в слое почвы 0-20 см 8 мм, а в слое 0-100 см -27 мм.

Результат корректировки - степень согласования рассчитанных, (в том числе и с учетом поправки на условия уборки) и фактических величин средней областной урожайности зерновых и зернобобовых культур представлены на рисунке 16. Обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей $0,67 \sigma_y$ (1,6 ц/га), за 1991-2015 годы составила 88,0 %, за 2001-2015 годы - 93,3 %.

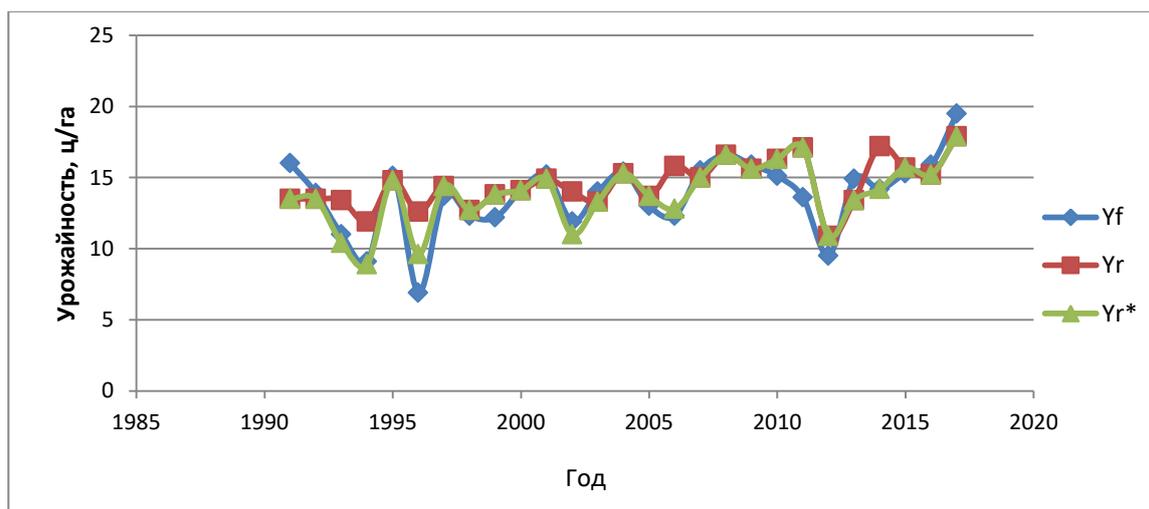


Рисунок 16 - Согласование модельных величин (Y_r) средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области, в том числе с поправками на условия уборки (Y_r^*) и фактической (Y_f)

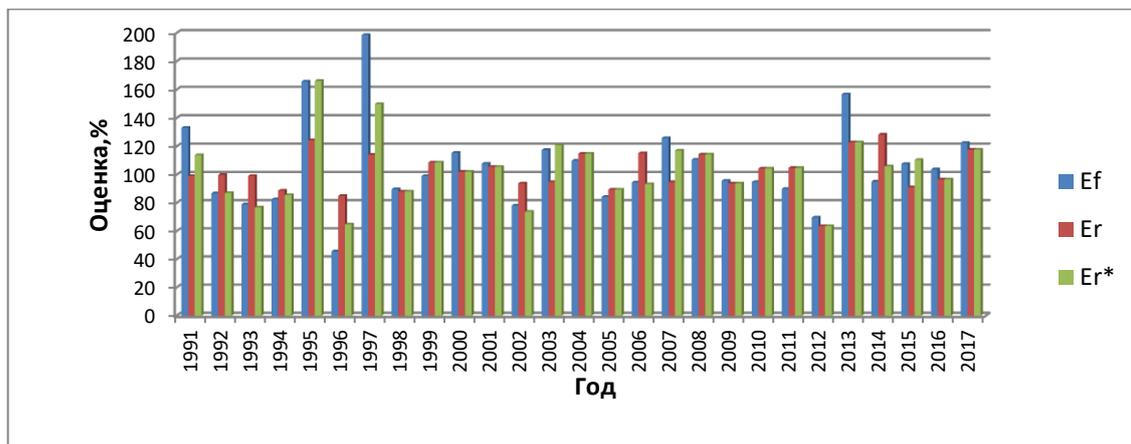


Рисунок 17 - Согласование рассчитанных на конец вегетации (E_r), с поправкой на условия уборки (E_r^*) и фактических (E_f) оценок агрометеорологических условий формирования урожая зерновых и зернобобовых культур по Томской области

Авторская оценка метода прогноза средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по сценарию ожидаемых агрометеорологических условий «год-аналог», в том числе и на независимых данных 2016-2018 годов, показана на рисунках 18, 19.

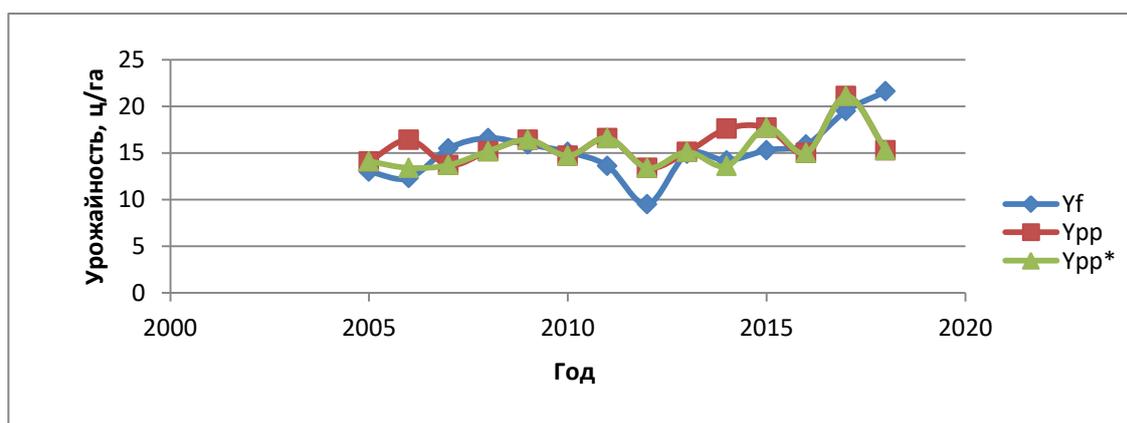


Рисунок 18 - Сравнение прогнозируемой модельной средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области (Y_{pp}), в том числе с учетом поправки на условия уборки (Y_{pp}^*) и фактической (Y_f). Предварительный срок прогноза

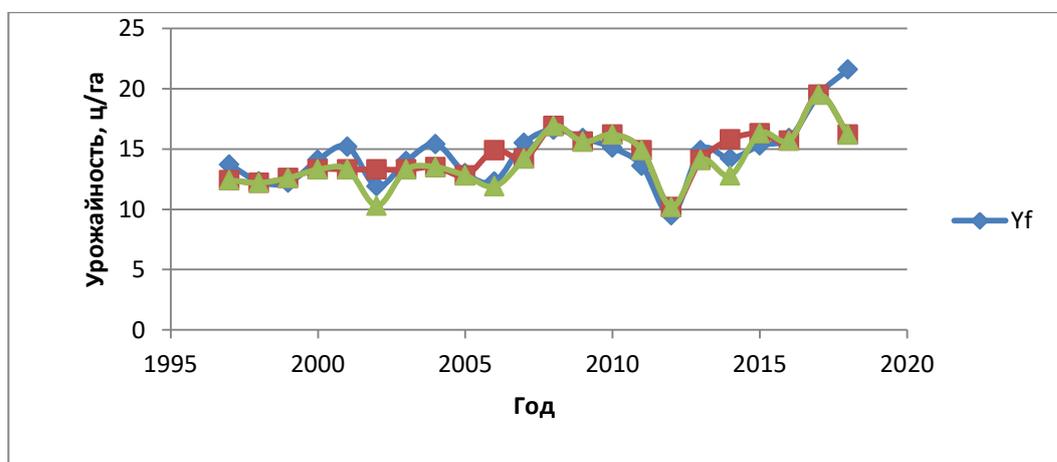


Рисунок 19 - Сравнение прогнозируемой модельной средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области (Y_{po}), в том числе с учетом поправки на условия уборки (Y_{po}^*) и фактической (Y_f). Уточненный срок прогноза

Согласование модельных оценок за полный период вегетации за 1991-2015 годы характеризуется коэффициентом корреляции 0,911 при значимой величине, равной 0,396, за 2001-2015 годы - 0,845. Обеспеченность допустимого отклонения (21,6 %) – 92,0 %. Обеспеченность диагностических расчётов ожидаемой урожайности по допустимой погрешности по зерновым и зернобобовым культурам за период 2005-2015 годы по предварительному прогнозу составляет 81,8 % и за 1997-2015 годы по уточненному прогнозу – 84,2 %.

За годы авторских испытаний (2016-2018 годы) в двух последних из них фактическая средняя урожайность группы зерновых и зернобобовых культур в весе после доработки по Томской области значительно превысила её абсолютный максимум за предшествующие 26 лет – на 2,9 ц/га и 5,0 ц/га соответственно. В 2018 году методические прогнозы превысили соответствующие допустимые критерии оценки оправдываемости (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Оценка оправдываемости методов прогноза средней урожайности яровой пшеницы по Томской области на независимых данных 2016-2018 годов

Тип прогноза	Оправдываемость методов, %	Средняя относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %
Методический предварительный	33,3	3,6
Методический уточненный	66,7	4,8
Инерционный	33,3	5,7
Климатологический	33,3	10,7*

* - только для уточненного срока прогноза

Методы прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области с использованием наземной информации разрабатывались на основе физико-статистического подхода .

Исследовалось влияние температуры воздуха, осадков, дефицита влажности воздуха на урожайность яровой пшеницы в административных районах Кемеровской области. Широко использованы комплексные показатели тепло- и влагообеспеченности: ГТК Селянинова, коэффициенты увлажнения Чиркова и т.д. Проведенные исследования показали, что влияние температуры и осадков в течение вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы проявляется во всех районах Кемеровской области. Однако корреляционный анализ урожайности яровой пшеницы с указанными показателями погодных условий показал, что достаточно высокая связь получена с осадками весенне-летнего периода и менее тесные обратные связи получены между урожайностью и

температурой воздуха. Как известно, значение осадков, характеризующих условия увлажнения яровой пшеницы, весьма велико. Максимальный коэффициент корреляции между осадками и урожайностью получен за период с апреля по вторую декаду июля.

Существенное влияние на формирование урожайности на данной территории оказывает влагообеспеченность растений. Одним из определяющих факторов будущей урожайности являются осадки. Наиболее значимы осадки с мая по июнь, когда у яровой пшеницы происходит рост стебля, дифференциация стеблевых узлов, интенсивный прирост растительной массы, закладка колоса, элементов цветка, что предопределяет число зерен в колосе, а также создаются условия для формирования повышенной массы 1000 зерен. В тоже время для данного периода характерно длительное бездожде, сопровождающееся суховейными явлениями, что может нарушить нормальное прохождение у растений важных для формирования урожая процессов развития.

При сложившихся засушливых условиях весенне-летнего периода немаловажное значение имеют зимние осадки, являющиеся комплексным показателем потенциальных возможностей увлажнения почвы весной. Влияние зимних осадков отмечается в некоторых районах Кемеровской области.

За период авторских испытаний (2015-2017 годы) было проверено по 2 физико-статистические модели на два срока: 21-23 июня и 21-23 июля.

Средняя оправдываемость методического прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области (по величине относительной ошибки) на срок 21-23 июня и 21-23 июля составила около и выше 90 %, что значительно выше порога успешности агрометеорологических прогнозов. Средняя оправдываемость инерционного и климатологического прогнозов значительно ниже методических и в некоторые годы достигают 70,0 %.

По 16 административным районам все методические прогнозы оправдались. Оправдываемость метода составила 100 %, что на 17-67 % выше оправдываемости инерционных и климатологических прогнозов. Не оправдался только один прогноз по Яшкинскому району в 2017 году, урожайность яровой пшеницы составила 20,4 ц/га - максимальная за все периоды наблюдений.

К достоинствам нового метода следует отнести возможность прогнозировать урожайность яровой пшеницы в амбарном весе. Кроме того, для выполнения расчетов была создана и запущена полностью автоматизированная технология составления прогнозов и расчетов оценок, включающая выборку данных из базы данных АСОАМИ и электронной версии ТСХ-1 в Кемеровском ЦГМС.

Таким образом, представленные модели за период авторских испытаний обеспечены хорошими результатами. Оправдываемость методических прогнозов выше

оправдываемости климатологических и инерционных прогнозов, а средние ошибки методических прогнозов ниже ошибок инерционных и климатологических прогнозов.

На основании этого можно сделать заключение, что разработанный нами метод прогноза урожайности яровой пшеницы имеет явные преимущества и может быть рекомендован для производственного испытания в прогностическом подразделении ФГБУ «Кемеровский ЦГМС» ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Методы прогнозирования урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области с использованием наземной и спутниковой информации.

Модели включают данные Западно-Сибирского УГМС стандартных наблюдений (осадки, температуру и дефицит насыщения воздуха) и спутниковые данные дистанционного зондирования (вегетационный индекс NDVI). Данные по урожайности взяты из статистических сборников региона. Данные $NDVI = (nir - red) / (nir + red)$, где nir - отражение в ближней инфракрасной области спектра (диапазон волн 0,7-1,0 мкм), red - отражение в красной области спектра (диапазон волн 0,6-0,7 мкм) из архива ИКИ РАН.

При построении моделей для каждого района в качестве независимых параметров подбирались агрометеорологические данные с разными интервалами осреднения, температура (временной интервал I - 20VII, коэффициент корреляции $r = -0,65$) и дефицит насыщения воздуха (временной интервал 21.VI - 20.VII, коэффициент корреляции $r = -0,75$). К ним добавлялись осадки (временной интервал I - 20VII, коэффициент корреляции $r = 0,78$) и данные по вегетационному индексу $ndvi$.

Коэффициент детерминации однофакторных моделей (приземные данные в качестве независимых признаков) не превышает 0.57, что указывает на недостаточность числа независимых переменных для описания ряда. При этом статистическую значимость или адекватность этих моделей подтверждает величина критерия Фишера $F \approx 20$, что больше $F_{кр} \approx 5$ и его уровень значимости $0.01 < 0.05$.

Двухпараметрические модели, в которых в качестве независимых переменных используются осадки и дефицит

$$y = 0.12x_2 - 0.15x_3 + 9.5.$$

улучшают качество модели. При этом статистическую значимость или адекватность построенной модели подтверждает величина критерия Фишера ($10 = F > F_{кр} = 3.7$) и его уровень значимости 0.005 значительно меньше задаваемого при расчете коэффициентов модели 0.05. Но коэффициент детерминации модели равен 0.6, что ниже требуемой

границы 0.70 и указывает по-прежнему на недостаточность числа независимых переменных.

Замена независимой переменной осадки на $ndvi$ улучшает показатели модели для данного района и приближает среднюю относительную ошибку оправдавшихся прогнозов к плановым $\bar{P} = 5-10 \%$. Приведем пример двухпараметрической регрессионной модели (предварительный прогноз 21-23 июня) зависимости урожайности яровой пшеницы от значений вегетационного индекса NDVI на 23 неделе от начала года и среднесуточного дефицита влажности воздуха за май по Тяжинскому району Кемеровской области (рисунок 20).

В моделях с тремя независимыми переменными (температура, осадки, дефицит) как сами агрометеорологические параметры так и интервалы их осреднения варьировались для разных районов области. Приведем параметры модели трех параметров температуры, дефицита и $ndvi$

$$y = -0.57x_2 + 0.2x_3 + 19.4x_4 - 9.5.$$

Коэффициент детерминации 0.85 лучше нормы 0.7. Статистическую значимость построенной модели подтверждает величина критерия Фишера ($21.1 = F > F_{кр} = 4.2$) и уровень значимости в рассчитываемой статистике Фишера равен 0.0002. Проверка на двухлетней контрольной выборке (2013, 2014 годы) дает следующий результат

$$|y_i^f - y_i^c| = |8.3 - 7.5| = 0.8 < 0.67\sigma = 0.67 * 3.2 = 2.0$$

$$|y_i^f - y_i^c| = |14.98 - 16.2| = 1.22 < 0.67\sigma = 0.67 * 3.4 = 2.2.$$

Прогноз $\{y_i^f, x_i\}$ считается оправдавшимся, если его ошибка $|y_i^f - y_i^c|$ с контрольной выборкой $\{y_i^c, x_i\}$ меньше $0,67\sigma$ при заблаговременности не более двух месяцев. Тогда оправдываемость метода γ [7] для двух контрольных годов равна 100 %, а средняя относительная ошибка оправдавшихся прогнозов $\bar{P} = 6.1 \%$.

Включение в модели прогноза урожайности яровой пшеницы спутниковых данных $ndvi$ улучшает качество моделей и среднюю относительную ошибку на контрольной выборке до 5-10 %.

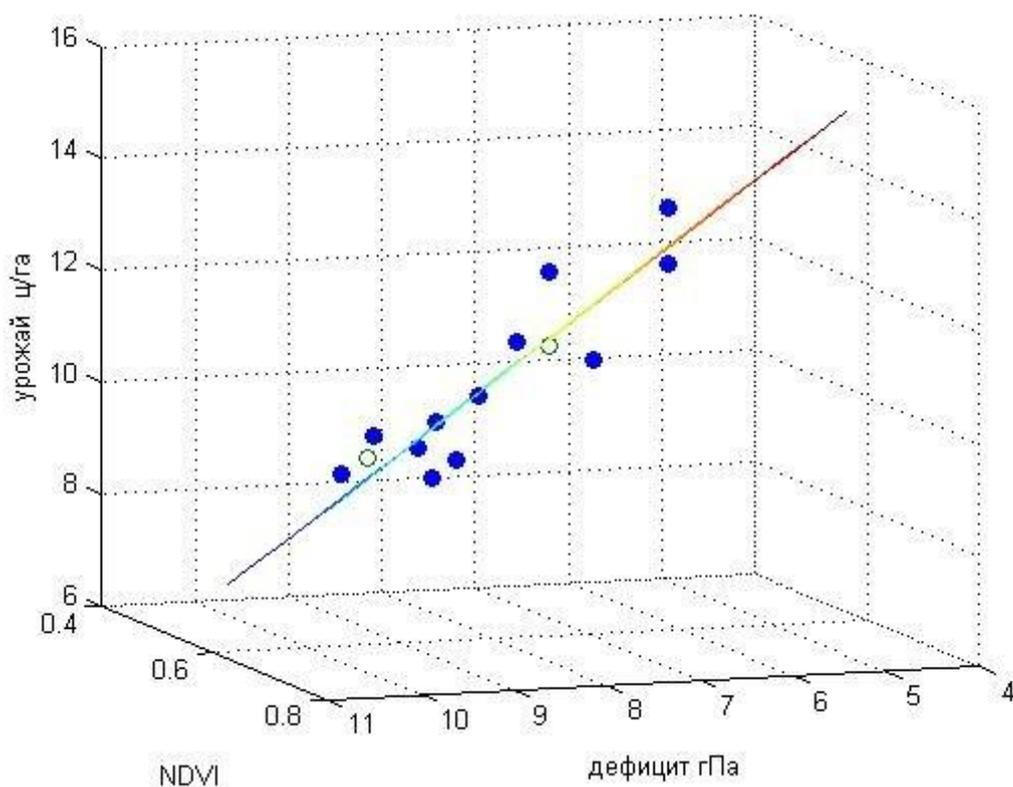


Рисунок 20 - Двухпараметрическая регрессионная модель (предварительный прогноз 1-5 июня) зависимости урожайности зерновых от значений вегетационного индекса NDVI на 23 неделе от начала года и среднесуточного дефицита водяного пара влажного воздуха за май. Окружности и синие шарики соответственно контрольная и обучающая выборки за 2002-2015 годы. Тяжинский район Кемеровской области

Таким образом, новые модели и технологии с применением персональных компьютеров обеспечивают повышение точности, устойчивости и оперативности получения результатов прогноза; способствуют улучшению качества обслуживания агрометеорологической информацией и повышению эффективности агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства субъектов Сибирского федерального округа.

Календарный план выполнен.

1.1.8. Разработка, испытание и внедрение моделей и методов гидрологических расчетов, оценки и прогнозов состояния водных объектов

Индекс и наименование темы. 1.1.8.6. Выполнить оценку пространственно-временной изменчивости основных характеристик стока рек на территории Новосибирской области.

Ожидаемый результат по теме.

Оценки пространственно-временной изменчивости основных характеристик стока рек на территории Новосибирской области. Материалы к научно-прикладному справочнику «Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации».

Полученный результат

Объектом исследований являются водный режим рек Новосибирской области, его изменчивость во времени и пространстве .

Цель работы – рассчитать статистические характеристики и обеспеченность различных характеристик речного стока рек Новосибирской области, оценить их надежность, провести оценки взаимосвязи стока рек различными методами и уточнить методику расчетов для неизученных рек области.

В процессе исследования рассчитаны многие статистические параметры по различным характеристикам гидрологического режима рек области, что позволило провести их анализ и обобщения. Результаты обобщены в виде многочисленных таблиц, графиков и карт, которые необходимы проектировщикам при любых проектах так или иначе связанных с гидротехническими сооружениями. В дальнейшем эти разработки могут послужить основой для создания региональных правил расчета водных ресурсов, что предусмотрено в нормативных документах.

Поверхностные водные объекты государственного водного фонда Новосибирской области представлены водотоками (реки, ручьи и осушительные каналы в количестве более 7 тысяч) и водоемами (водохранилище, озера, пруды, болота в количестве свыше 6 тысяч). Количество малых водотоков длиной менее 10 км составляет более 90 % от общего количества водотоков области.

По гидрографическому признаку Новосибирская область делится на три части: восточную, непосредственно относящуюся к системе р. Оби, северо-западную, принадлежащую к системе Иртыша (бассейны рек Оми и Тары), а также центральную и южную группу районов, расположенную в бессточной зоне, или точнее, в зоне замкнутого стока Обь-Иртышского междуречья. Речная сеть в пределах области в зависимости от климатических и других природных факторов, развита неравномерно. Общее число рек, длина которых превышает 10км, составляет 430. Более 100 км имеет протяженность 21 река.

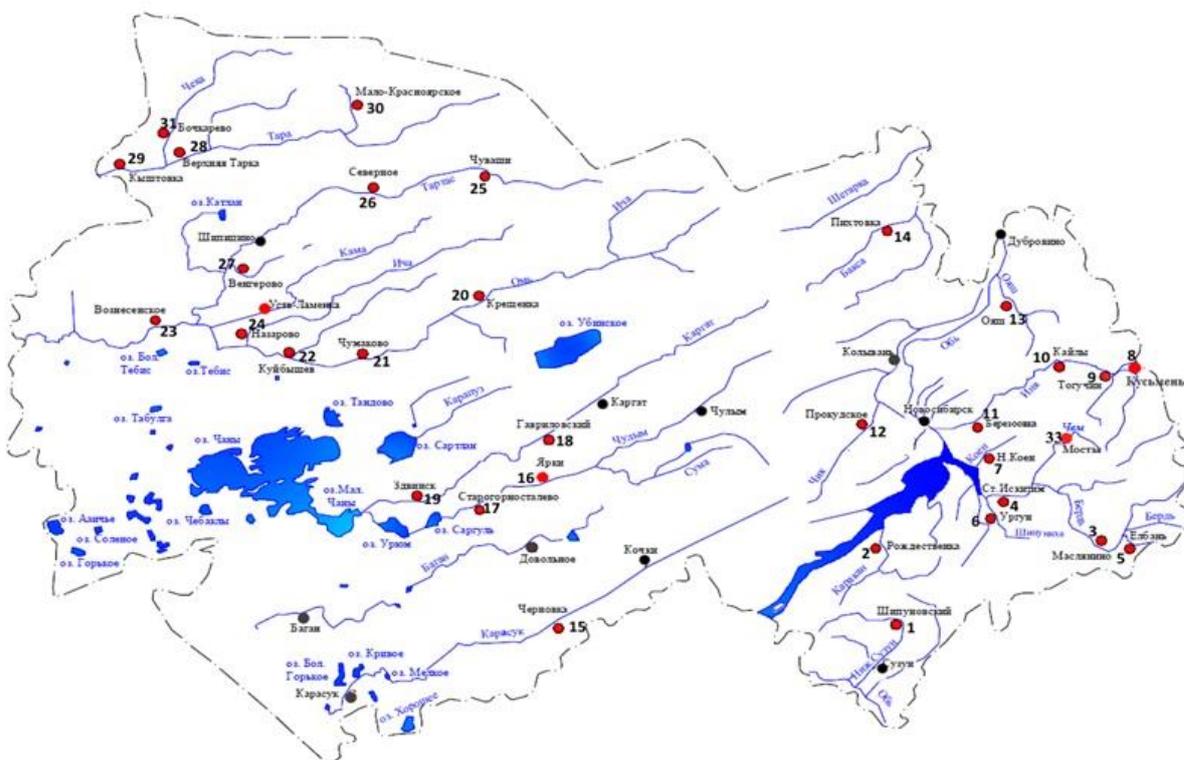


Рисунок 21 – Схема гидрологической сети рек Новосибирской области

Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений осуществляют путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения кривых обеспеченностей (СП 33-101-2003).

Параметры кривых обеспеченности: среднее значение (Q_0), коэффициент вариации (C_v) и коэффициент асимметрии (C_s), устанавливают по рядам наблюдений за рассматриваемой гидрологической характеристикой методом моментов.

$$Q_0 = \frac{\sum Qi}{n} \quad (5.1)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (5.2)$$

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot C_v^3} \quad (5.3)$$

где k_i – модульный коэффициент стока каждого года;

n – число лет наблюдений (число членов статистического ряда).

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_0}$$

Q_i – расход воды за год, м³/с;

Q_0 – средний расход воды за весь период наблюдений м³/с.

Относительные среднеквадратические ошибки определения параметров рассчитываются по формулам:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{Cv}{\sqrt{n}} * 100\% \quad (5.4)$$

$$\varepsilon_{Cv} = \frac{1}{n+4Cv^2} * \sqrt{\frac{n(1+Cv^2)}{2}} * 100\% \quad (5.5)$$

$$\varepsilon_{Cs} = \frac{1}{Cs} * \sqrt{\frac{6(1+6Cv^2+5Cv^4)}{n}} * 100\% \quad (5.6)$$

По указанным формулам методом моментов были рассчитаны параметры кривых обеспеченности среднего годового и максимального стока рек Новосибирской области.

По этим данным были получены обеспеченные расходы для среднегодового и максимального стока. Аппроксимация точек различной обеспеченности произведена для среднегодовых расходов с использованием кривых распределения Пирсона III типа, а для максимальных расходов – Крицкого-Менкеля. Для оценки распределения характеристик стока по территории выполнено их картирование. Карты в виде изолиний различных характеристик приведены на рисунках 22-25.

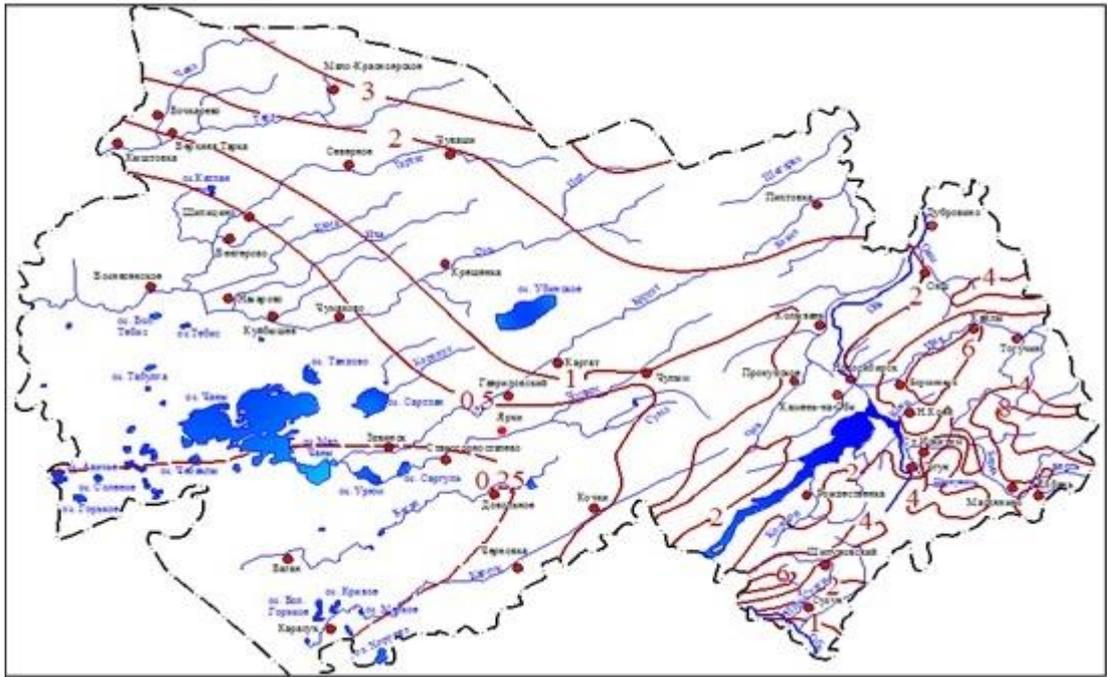


Рисунок 22 - Норма среднегодового стока рек (л/с*км²)

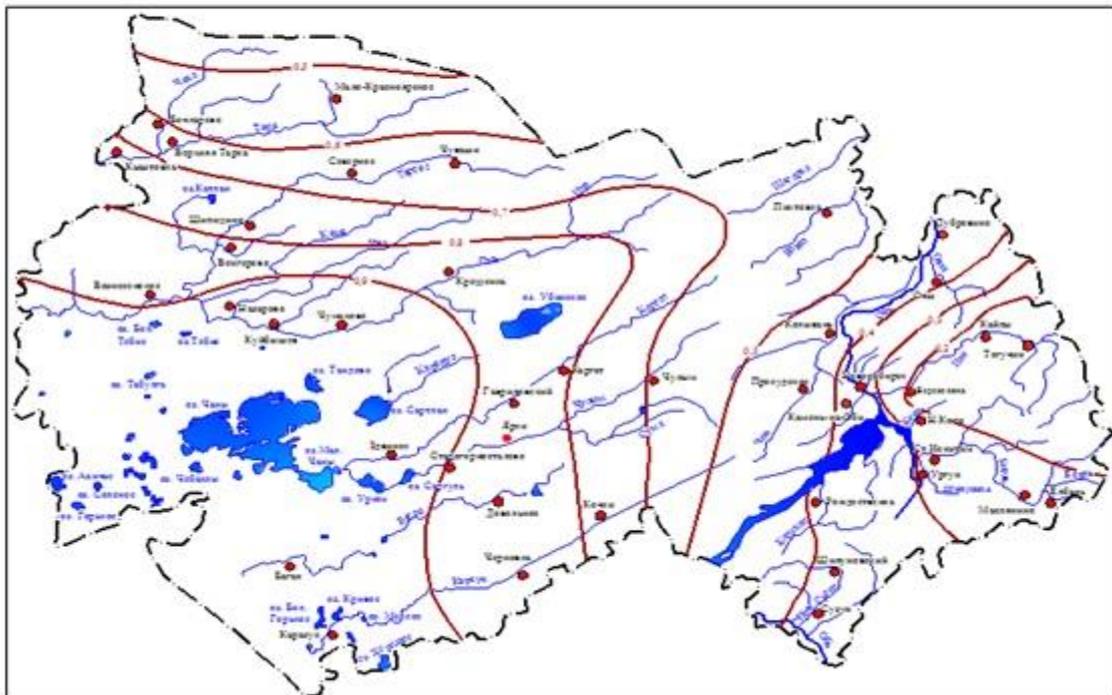


Рисунок 23 – Коэффициенты изменчивости среднегодового слоя стока

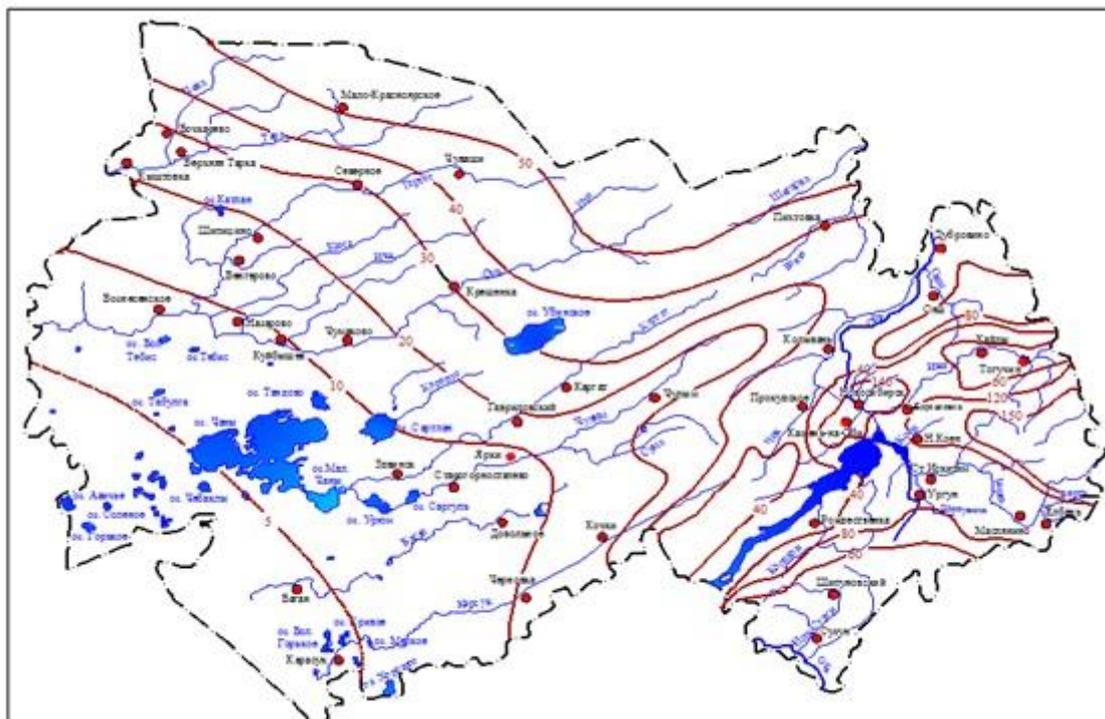


Рисунок 24 – Слой стока весеннего половодья (мм)

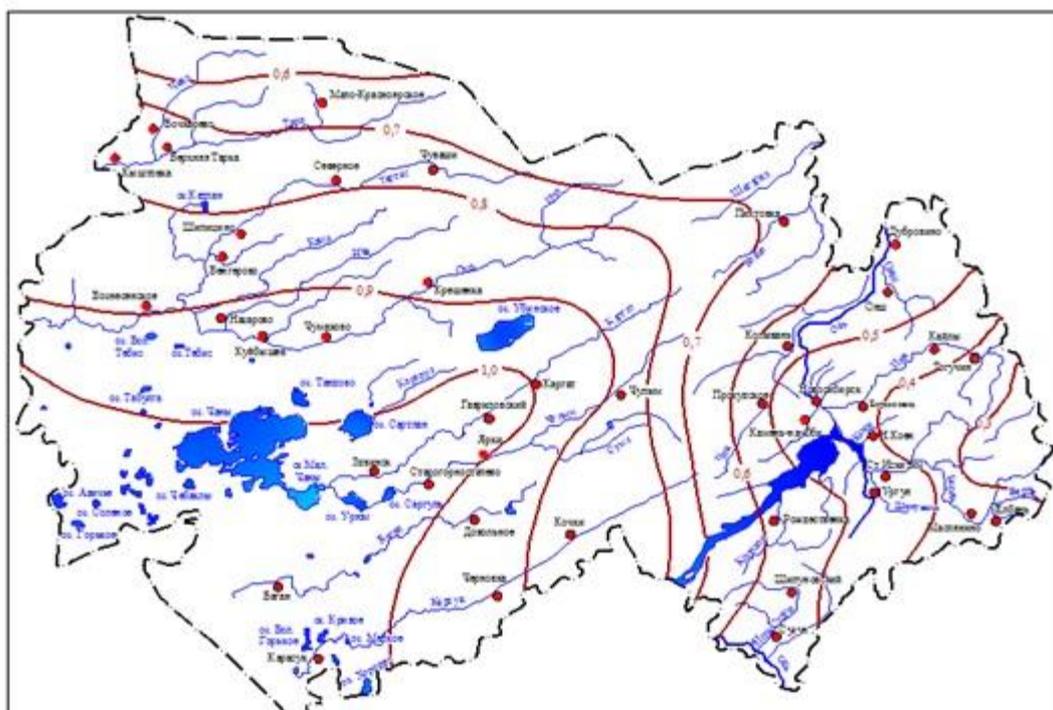


Рисунок 25 – Коэффициенты изменчивости слоя весеннего половодья

Расчет распределения стока в году произведен для сезонов, а среднемесячного стока - внутри сезона. Определение характеристик внутригодового распределения стока

проведено по водохозяйственным годам, начинающимся с многоводного сезона. Календарные сроки сезонов при расчетах внутригодового распределения стока приняты едиными для всех лет. Выделены следующие три сезона: весна (апрель-июнь), лето-осень (июль-ноябрь), зима (декабрь-март). Для каждого из сезонов определено процентное содержание стока в долях от годового стока.

Распределение сезонного стока зависит от водности года. С увеличением водности, доля стока маловодных сезонов в годовом стоке, как правило, увеличивается, и сток по сезонам распределяется более равномерно.

В соответствии с принятой методикой расчет распределения стока в году произведен отдельно: для сезонов, так как сезонное распределение зависит, как правило, от водности года, и по месяцам внутри сезонов, так как последнее зависит от водности сезона. Расчет характеристик внутригодового распределения стока производился по водохозяйственным годам, начинающимся с многоводного сезона.

Для каждого сезона определено относительное распределение месячного стока, выраженное в % от сезонного. Более 70% стока происходит в весенний сезон, из них столько же в апреле и мае.

В летне-осенний и зимний сезоны сток распределен более равномерно.

Календарные сроки сезонов при расчетах внутригодового распределения стока приняты едиными для всех лет и общими для всех водных объектов области с округлением до целого месяца. Исходя из этого выделены следующие три сезона: весна (апрель – июнь), лето – осень (июль – ноябрь), зима (декабрь – март). За лимитирующий (меженный) период по всем рекам приняты оба маловодных сезона (лето – осень и зима), а за лимитирующий сезон – зима, как наиболее маловодный из двух сезонов. Постоянство принятых границ сезонов, как во времени, так и в пространстве, упрощает статистическую обработку характеристик сезонного стока различных гидрологических районов. На всех реках области распределение сезонного стока зависит от водности года. С увеличением водности доля стока маловодных сезонов в годовом, как правило, увеличивается, и сток по сезонам распределяется более равномерно.

В зависимости от условий формирования гидрологического режима отдельных рек, определяющих различную степень их естественной зарегулированности, внутригодовое распределение стока в пределах области отличается довольно значительным разнообразием.

Для расчета внутрисезонного распределения стока составляется таблица, в которой выделены три группы водности сезонов (многоводная, средняя, маловодная) по одинаковому числу лет. Для каждой группы водности располагают величины месячных расходов внутри каждого сезона (в том числе отдельно внутри лета и осени) в порядке

убывания. Путем деления итоговых величин $Q_{\text{мес}}$ за каждый месяц на соответствующую итоговую величину за весь сезон находим осредненное процентное распределение стока по месяцам сезона для каждой из трех групп водности. В соответствии с полученными данными составляется таблица, в которую перенесены значения расходов по месяцам (в % от сезонного стока) для трех групп водности.

Относительные значения месячного стока, выраженные в процентах от годового, могут пересчитываться в абсолютные ($\text{м}^3/\text{с}$) путем умножения их на множитель $12Q_{\text{Г}}/100$, где $Q_{\text{Г}}$ – средний годовой расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) расчетной обеспеченности.

Основной задачей выполненных расчетов является исследование особенностей изменчивости водных ресурсов, как во времени, так и в пространстве.

Таким образом, в данной работе проведен анализ исходной гидрологической информации на однородность и стационарность. Делается вывод об однородности среднегодовых и максимальных расходов воды. Временная изменчивость проверялась с использованием характеристик трендов, автокорреляционных функций и критерия Херста. Все эти критерии показали, что нет уверенности говорить о целенаправленном изменении водных ресурсов. Водные ресурсы стремятся к колебанию возле среднего значения.

Результаты данной работы могут быть использованы при оценке водных ресурсов Новосибирской области в целях их хозяйственного использования.

Полные результаты расчетов в виде таблиц, графиков размещены в заключительном отчете по теме НИР.

Календарный план выполнен.

1.1.9. Развитие информационных и прогностических технологий, включая прогнозы опасных явлений, в том числе для регионов Сибири и Дальнего Востока.

Научно-методическое обеспечение работы сетевых организаций в области прогноза погоды.

Наименование и индекс темы 1.1.9.1. Развить технологии детализированного численного краткосрочного прогноза метеорологических параметров, элементов и явлений погоды, включая опасные, по территории Сибири.

Ожидаемый результат по теме.

Метод и технология краткосрочного прогнозирования перехода температуры через ноль и связанных с ними заморозков и гололедных явлений на территории Урало-Сибирского региона.

Полученный результат

Для территории Урало-Сибирского региона разработаны методы и технология для прогноза на 1-3 суток:

- 1) Заморозков в воздухе с детализацией по 430 метеостанциям;
- 2) Заморозков на почве с детализацией по 360 метеостанциям;
- 3) Гололеда для 30 кластеров радиусом 200 км и для метеостанций с репрезентативными данными.

Авторские испытания методов на независимом материале показали высокую успешность для прогнозов заморозков в воздухе (средний по территории критерий Пирси-Обухова TSS около 0,8 и выше на все сроки), для заморозков на почве (TSS выше 0,7). Для гололеда результаты разного качества, в среднем TSS выше 0,4.

В данной теме были рассмотрены три различных типа явлений, связанных с переходами температуры через ноль:

- осенне-весенние заморозки,
- гололед,
- гололедица.

Каждое из них имеет свои морфологические и физические особенности, которым должна соответствовать своя методика обработки данных и прогнозирования.

Формально заморозки могут повторяться несколько раз за сезон. Понятно, что наибольшую значимость имеют самые ранние заморозки летом-осенью и самые поздние весной-летом, но не все так однозначно. Пространственный фон температуры поверхности в условиях радиационного выхолаживания, а это основная форма заморозков, весьма изменчив в подсеточном для сети метеостанций масштабе и сильно зависит от рельефа, близости водоемов, инфраструктуры и прочих неметеорологических факторов. Поэтому не только прогноз, но и диагноз этого опасного явления должен рассматриваться как фоновый в масштабе десятков километров. Это означает, что гарантировать отсутствие и наличие заморозков можно только за пределами слишком широкого, а потому неприемлемого потенциального диапазона температур выше и ниже нуля.

К сожалению, нормативные документы и отсутствие опыта потребителей метеоинформации пока не позволяют использовать вероятностные формулировки прогнозов, которые наиболее адекватны природе пространственно-временной изменчивости метеорологических характеристик, условий и явлений погоды. В этом случае детерминированные оценки принято сопровождать формальными дополнениями вида "временами, местами", и каждый потребитель волен трактовать эти скрытые вероятности по своему усмотрению. Не меньшие сложности это создает и при разработке методов прогнозов, и при их оценке. Очевидно также, что при неравнозначности потенциальных потерь от пропущенного опасного явления и ложного предупреждения методики вынужденно должны подстраиваться в сторону большей предупрежденности и мириться с низкой оправдываемостью прогнозов с явлениями. Для редких ситуаций и

явлений асимметрия оценок еще больше, а статистическая обеспеченность прогностических связей еще меньше.

Именно в силу пространственно-временной изменчивости подсеточного масштаба заморозок, отмечаемый отдельными станциями, может отсутствовать на части территории и наоборот, неотмечаемый станциями, наблюдаться на отдельных участках. Поэтому для тех хозяйств, культур, которые не были затронуты текущим заморозком, прогноз последующих столь же важен.

Гололед - очень опасное метеорологическое явление, поскольку покрывает все поверхности на определенной территории, и защититься от этого невозможно, только частично снизить ущерб при быстром реагировании. К счастью, для Урало-Сибирского региона это весьма редкое явление (за исключением районов с наветренной стороны Уральских гор), требующее тонкого сочетания термодинамических условий в нижних слоях атмосферы:

- отрицательные температуры в приземном слое и на поверхности,
- жидкие (возможно переохлажденные) осадки.

Такие условия могут создаваться в зоне теплого фронта, над вершиной теплого сектора активного циклона и даже в теплом секторе с моросью. Для фиксации и прогнозирования гололеда как редкого явления также характерны описанные выше методические проблемы. Различие только в том, что чаще преобладает не столько пространственная, сколько временная изменчивость за счет скорости смещения синоптических объектов. Исключение составляют особые формы рельефа - перевалы, водоразделы на дорогах и наветренные склоны, которые усиливают и сохраняют условия для гололеда более длительное время, чем на равнинах. Столь существенное и специфическое влияние орографии вместе с отсутствием детальных профилей температуры и влажности в пограничном слое сильно осложняют работу по формированию прогностических признаков, и это объективно сказывается на качестве статистического распознавания гололеда.

Гололедица - отдельное следствие определенных погодных условий во всем списке гололедно-изморозевых явлений. Фактически гололедица - явление антропогенного происхождения. В незатронутой человеком природе она не заметна, поскольку вода стекает, впитывается или испаряется быстрее, чем наступает похолодание и замерзание. Редкие лужицы могут оставаться и замерзать только в скальных углублениях или глубоких следах животных. А вот разновидностей гололедицы в городах может быть много и наблюдается она слишком часто для коммунальных служб, чтобы с нею могли быстро справляться.

Видимо, неопределенность классификации гололедицы из-за множества антропогенных факторов и невозможность их воспроизведения на метеоплощадке не позволила включить ее в список наблюдений и в код КН-01. Поэтому авторам пришлось разработать собственный вариант типизации гололедицы в виде комплексов метеоусловий, способствующих ее появлению и сохранению.

В прогностических методах использован уже апробируемый в предыдущих разработках DW алгоритм построения логических бинарных деревьев разделения образов. Продолжена работа над оптимизацией данного алгоритма, направленная на повышение устойчивости решений за счет исключения случайных или редких связей факторов с предиктантом. Апробированы новые варианты сбалансированного критериального упрощения решений.

Отметим, что все авторские варианты алгоритма DW используют удобную бинарную форму - "матрицу сопряженности" (таблица 3), из которой в метеорологии получают различные оценки бинарных прогнозов (2.1-2.9). В алгоритме DW для каждого значения признака как порогового (сравнение на " \leq " или " $>$ " порога) для разделения выборки суммируются счетчики клеток матрицы сопряженности в логичном предположении, что полученная подвыборка с большей вероятностью 1-го образа содержит "прогнозы с явлением", а другая - "прогнозы без явления".

Таблица 3 – Таблица сопряженности прогноз-факт

Прогноз	Факт		
	Да	Нет	
Да	k11	k12	k10
Нет	k21	k22	k20
	k01	k02	k00

Оценки успешности для альтернативных прогнозов согласно таблице 3:

$$pr1 = k11/k01 - \text{предупрежденность наличия явления} \quad (2.1)$$

$$pr2 = k22/k02 - \text{предупрежденность отсутствия явления} \quad (2.2)$$

$$vr1 = k11/k10 - \text{оправдываемость прогнозов наличия явления} \quad (2.3)$$

$$vr2 = k22/k20 - \text{оправдываемость прогнозов отсутствия явления} \quad (2.4)$$

$$vr = (k11 + k22)/k00 - \text{общая оправдываемость прогнозов} \quad (2.5)$$

$$LT = k12/k10 - \text{доля ложных предупреждений (тревог)} \quad (2.6)$$

$$TSS = k11/k01 - k12/k02 - \text{критерий Пирси-Обухова} \quad (2.7)$$

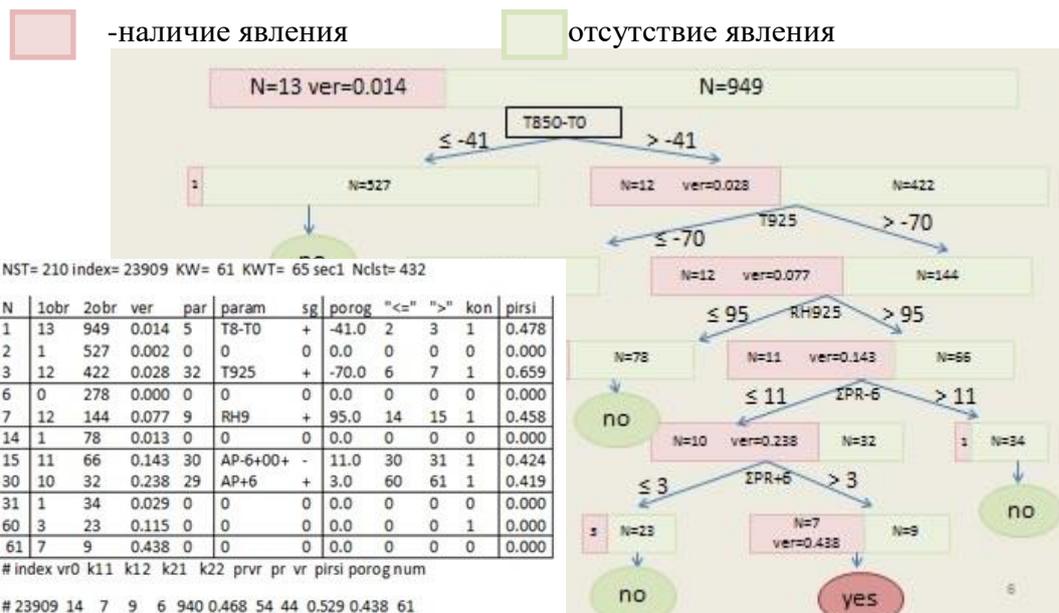
$$PRV = 0,5(pr1 + vr1) - 0,2(pr1 - vr1), \text{ если } pr1 \geq vr1 \quad (2.8)$$

$$PRV = 0,5(pr1 + vr1) - 0,4(vr1 - pr1), \text{ если } pr1 < vr1 - \text{критерий баланса} \quad (2.8)$$

$$MPR = \min(pr1, pr2) - \text{критерий минимальной предупрежденности} \quad (2.9)$$

Пример бинарного дерева решений.

Метеостанция Гайны. Код=1(гололед). GFS(00+06)



Основные результаты

В ходе выполненного исследования получены следующие результаты:

- В основе прогностических методов лежит уже используемый в предыдущих разработках DW алгоритм построения логических бинарных деревьев разделения образов. Продолжена работа над оптимизацией данного алгоритма, направленная на повышение устойчивости решений за счет исключения случайных или редких связей факторов с предиктантом. Апробированы новые варианты сбалансированного критериального упрощения решений.
- Разработана типизация гололедных явлений по приземным метеорологическим условиям их образования и продолжительности, всего 9 типов. Для каждого типа рассмотрена обеспеченность на архивной выборке 2014-17 годов и распределение по территории.
- Для выборки предиктантов использованы данные КН-01 по 430 метеостанциям Урало-Сибирского региона за период 2014-2019 годы. За синхронный период создан архив признаков (предикторов), включающий 39 параметров, выбранных и рассчитанных по выходным полям гидродинамических моделей атмосферы. В качестве базовых моделей использованы COSMO (модификация Ru_Sib13) с разрешением 13.2км и GFS(NCEP) с разрешением $0,5^0 * 0,5^0$. Результаты первой рассчитываются в ЗапСибРВЦ в оперативном режиме, второй – скачиваются с сервера NCEP по ftp-протоколу.
- Для заморозков в воздухе, заморозков на почве и для гололеда построены DW – деревья. Решения получены для каждой станции на каждый срок заблаговременности (1-3 суток) по каждой модели. Рабочая выборка включает 2014-2017, данные 2018 года использованы в алгоритме селекции решений, а 2019 – для оценок на независимом

материале. В силу малой обеспеченности данными о гололеде на территории региона получены дополнительно варианты решений для кластеров радиусом 200км, которые показали более качественный результат. По этой же причине на этапе отбора решений для гололеда из множества предварительных использованы данные за два года (2018-2019), поэтому оценить результаты на полностью независимой выборке невозможно. Анализ будет продолжен в ходе оперативных испытаний.

- Получены сравнительные оценки для прогнозов перехода температуры через ноль в теплом периоде с переходом на прогноз заморозков.

Основные выводы:

- Прогноз перехода температуры через ноль по модельным выходным полям температуры воздуха на высоте 2 метра в теплом периоде занижает число таких ситуаций на факте. Комплексование прогнозов с температурой на уровне поверхности почвы повышает предупрежденность на 5-8 %.

- Применение разработанного метода распознавания переходов температуры через ноль на базе модифицированного алгоритма DW значительно увеличивает результативность прогнозов. Для модели GFS на независимой выборке средний по территории критерий Пирси-Обухова возрастает в два раза по сравнению с оценками по модельным параметрам.

- Прогнозы заморозков в воздухе по DW-решениям на базе модели COSMO в среднем более успешны, чем по модели GFS. Для прогнозов заморозков на почве качество снижается по обоим моделям и выравнивается.

- По разработанным решениям прогнозы заморозков в воздухе на независимой выборке май-сентябрь 209 г. показали среднюю предупрежденность явления около 90% при вероятности около 55%, средний критерий Пирси-Обухова около 0,8. Для прогнозов заморозков на почве в том же периоде вероятность ниже примерно в два раза – около 25%, а предупрежденность снизилась примерно на 5% -85-88%.

- По срокам заблаговременности качество прогнозов меняется незначительно.

6. Оценки прогнозов гололеда на выборке 2018-2019гг., не участвующей в обучении, но являющейся решающей при отборе лучших решений показали сопоставимость результатов по обоим базовым моделям. В среднем по территории предупрежденность явления находится на уровне 63-66% на все сроки прогноза. Вероятность явления по модели COSMO снижается к третьей ночи на 9 % от первых +6 часов, достигая 12,5%. По модели GFS на все сроки вероятность на уровне 18-20%. Средняя оправдываемость прогнозов около 90-93%, и критерий Пирси-Обухова 0,55-0,60 независимо от базовой продукции (рисунки 26-31).

Прогноз перехода через ноль по моделям. Теплый период. 2014-2017гг.

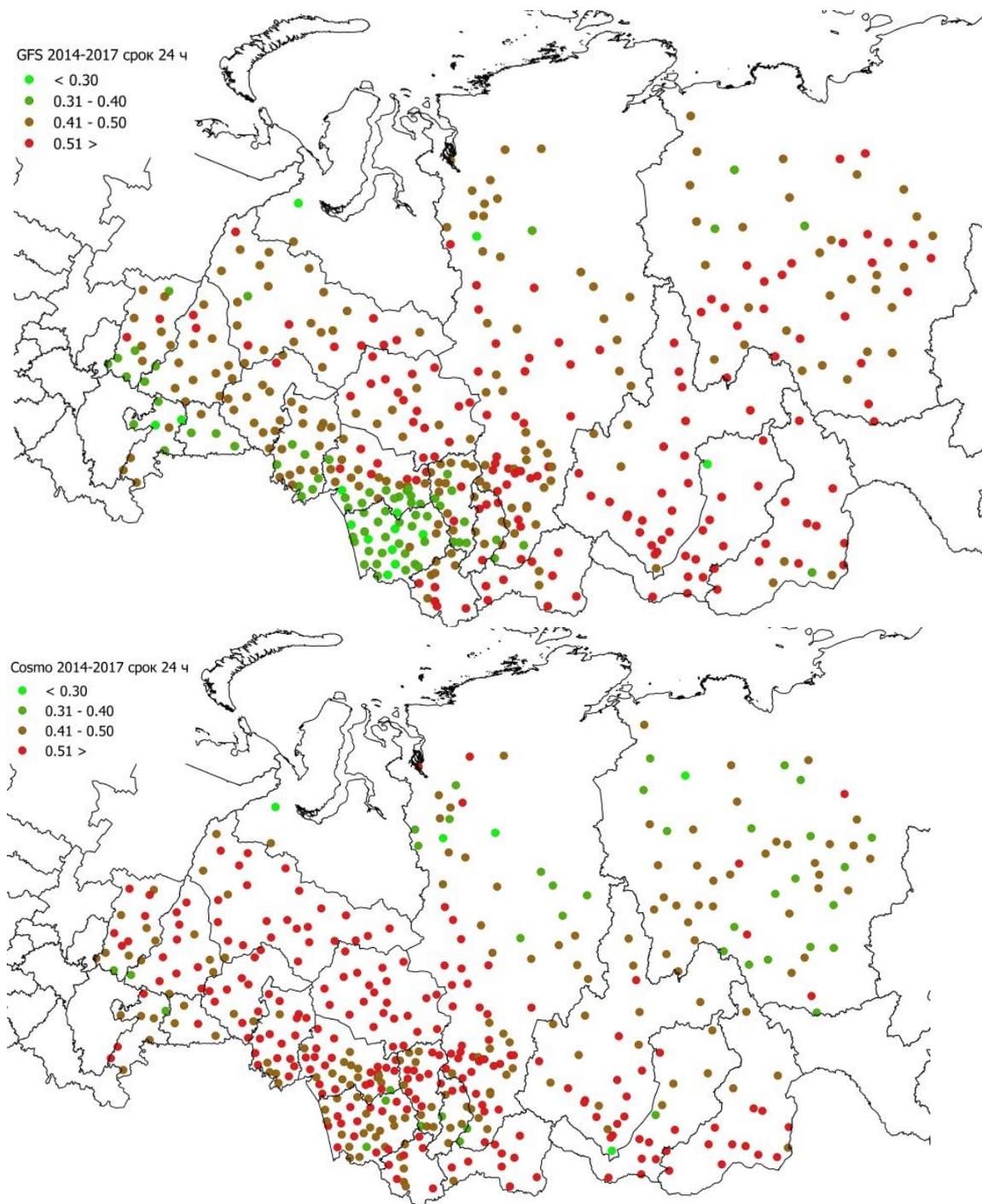


Рисунок 26 – Значения критерия Пирси-Обухова для прогноза перехода приземной температуры воздуха через ноль в теплом периоде по моделям GFS(вверху), COSMO(внизу). 2014-17гг. Заблаговременность 00+24

Прогноз заморозков воздухе по модели COSMO (вверху) и по новому методу. Май-сентябрь 2019. TSS

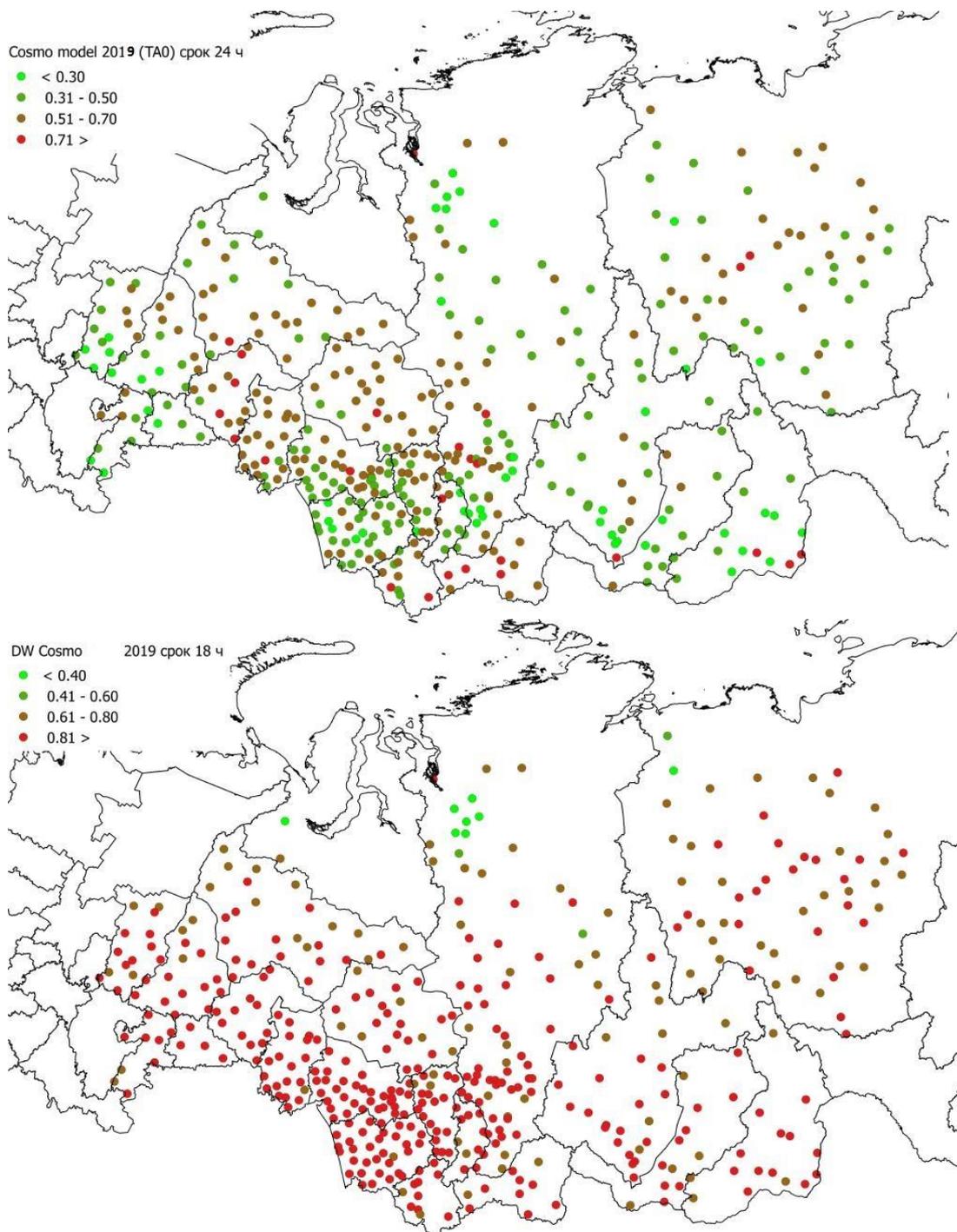


Рисунок 27 - Критерий Пирси-Обухова для альтернативных прогнозов заморозков по DW-решениям (вверху) и по модельной температуре без интерпретации (внизу) на первые сутки. Май-сентябрь 2019г.

Прогноз заморозков в воздухе новому методу на базе GFS (вверху) и COSMO . Май-сентябрь 2019. TSS

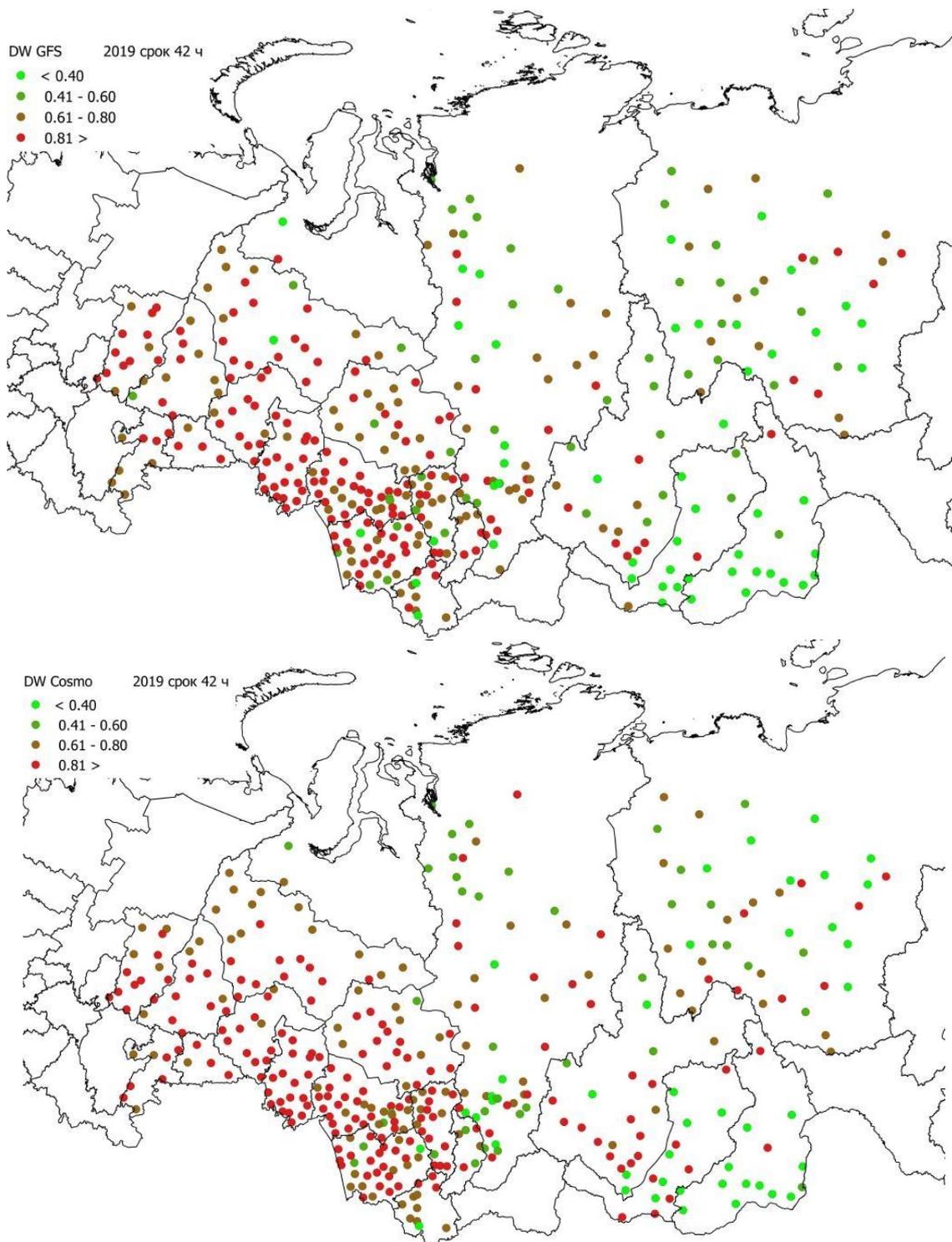


Рисунок 28 - Значение критерия Пирси-Обухова прогнозов заморозков в воздухе по бинарным деревьям, построенным на базе модели COSMO(вверху) и GFS (внизу) на вторые сутки. Май-сентябрь 2019г.

Прогноз заморозков в воздухе новым методом на базе GFS и COSMO Май-сентябрь 2019. Оценки

Как изменяется качество прогнозов на предварительно полученных вариантах решений по сравнению с окончательным, продемонстрировано на рисунке 29.

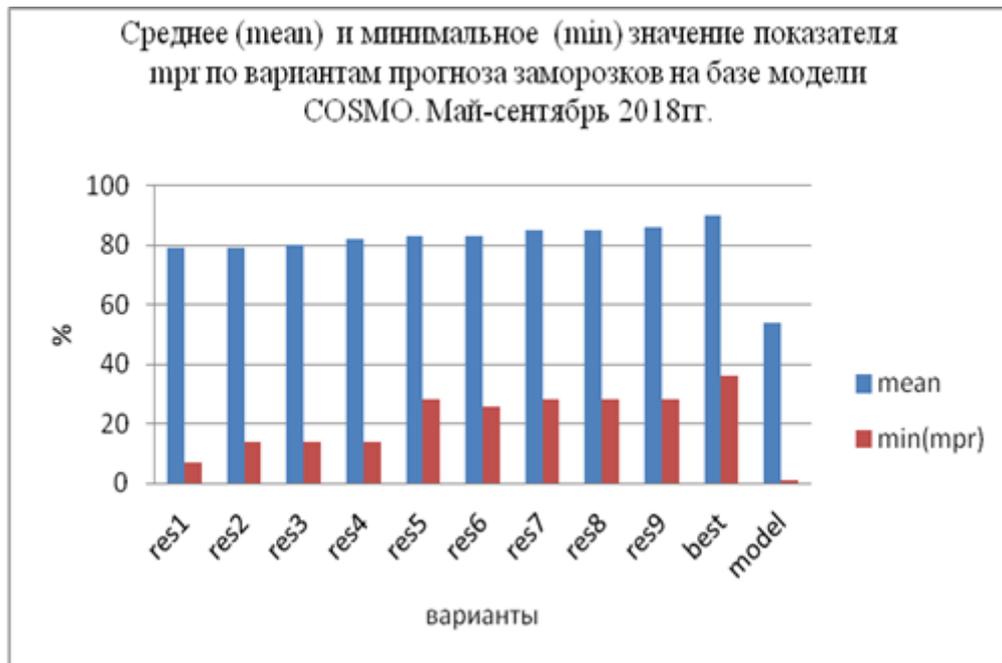
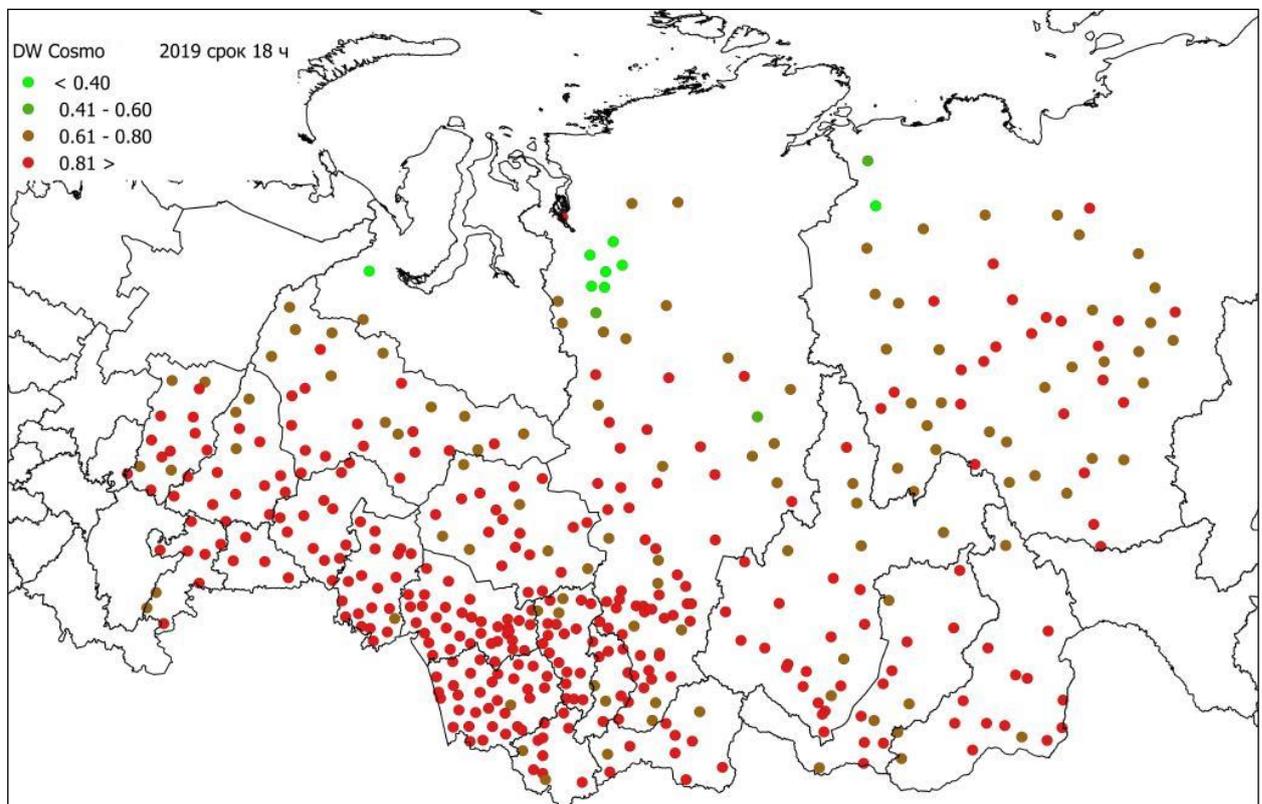


Рисунок 29 - Средний (mean) и минимальный(min) показатель mrg по территории региона на выборке 2018 г. по модели COSMO без интерпретации (model), по предварительным (1-9) и окончательному (best) DW-решениям.

Прогноз заморозков на почве новым методом на базе GFS (вверху) и COSMO . Май-сентябрь 2019. TSS



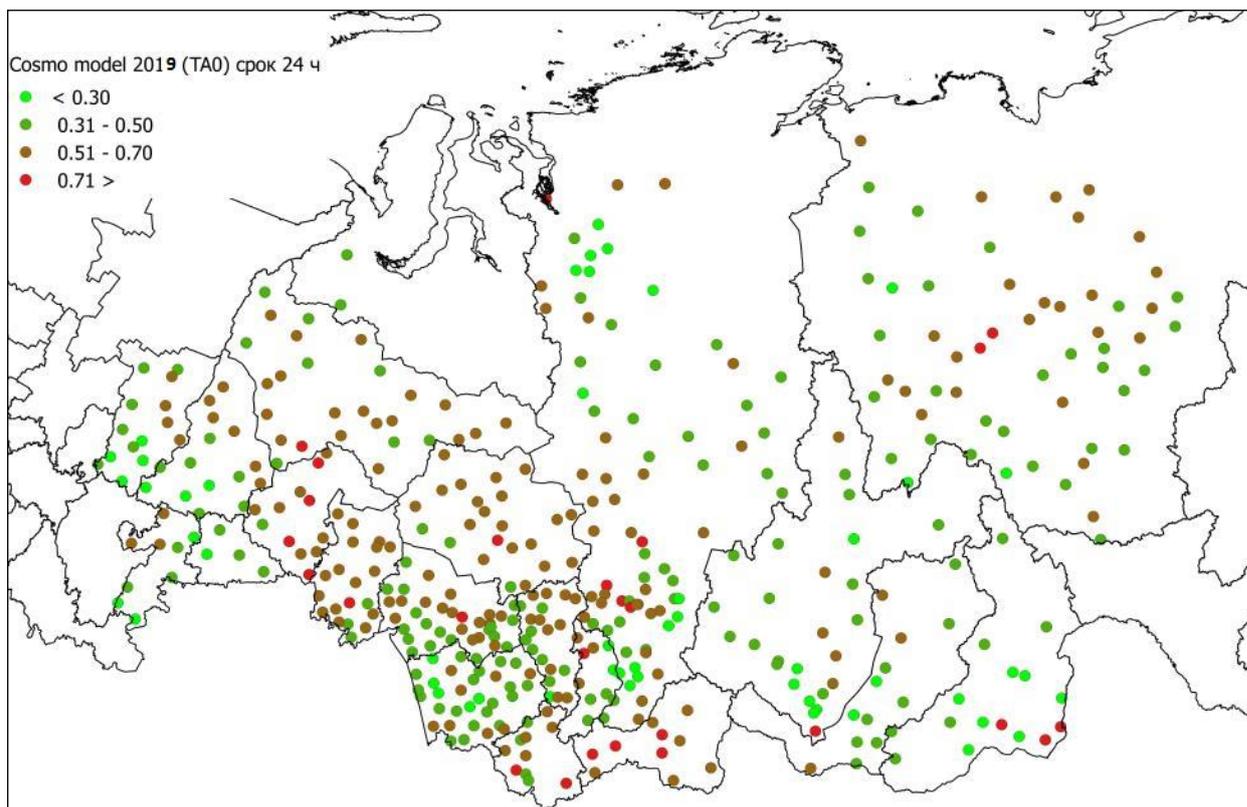
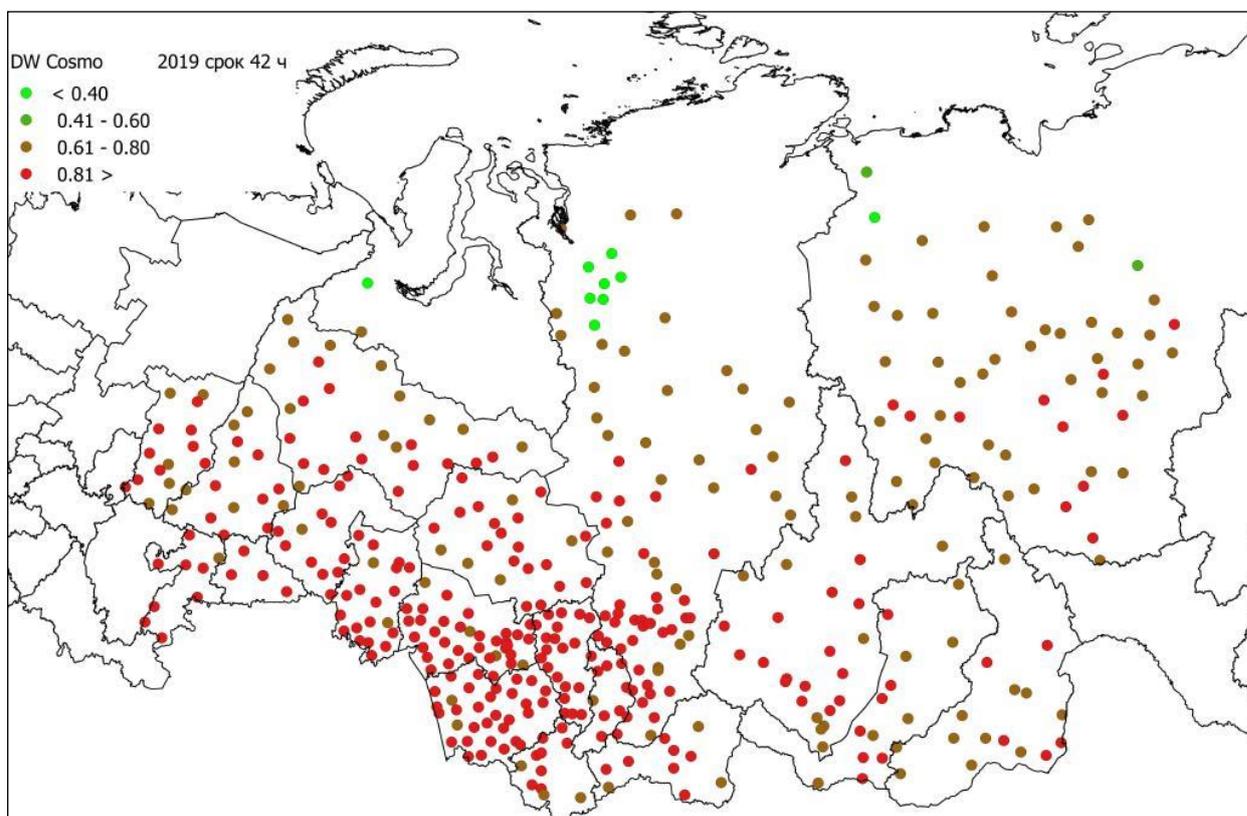


Рисунок 30 - Критерий Пирси-Обухова для альтернативных прогнозов заморозков по DW-решениям (вверху) и по модельной температуре без интерпретации (внизу) на первые сутки. Май-сентябрь 2019г.



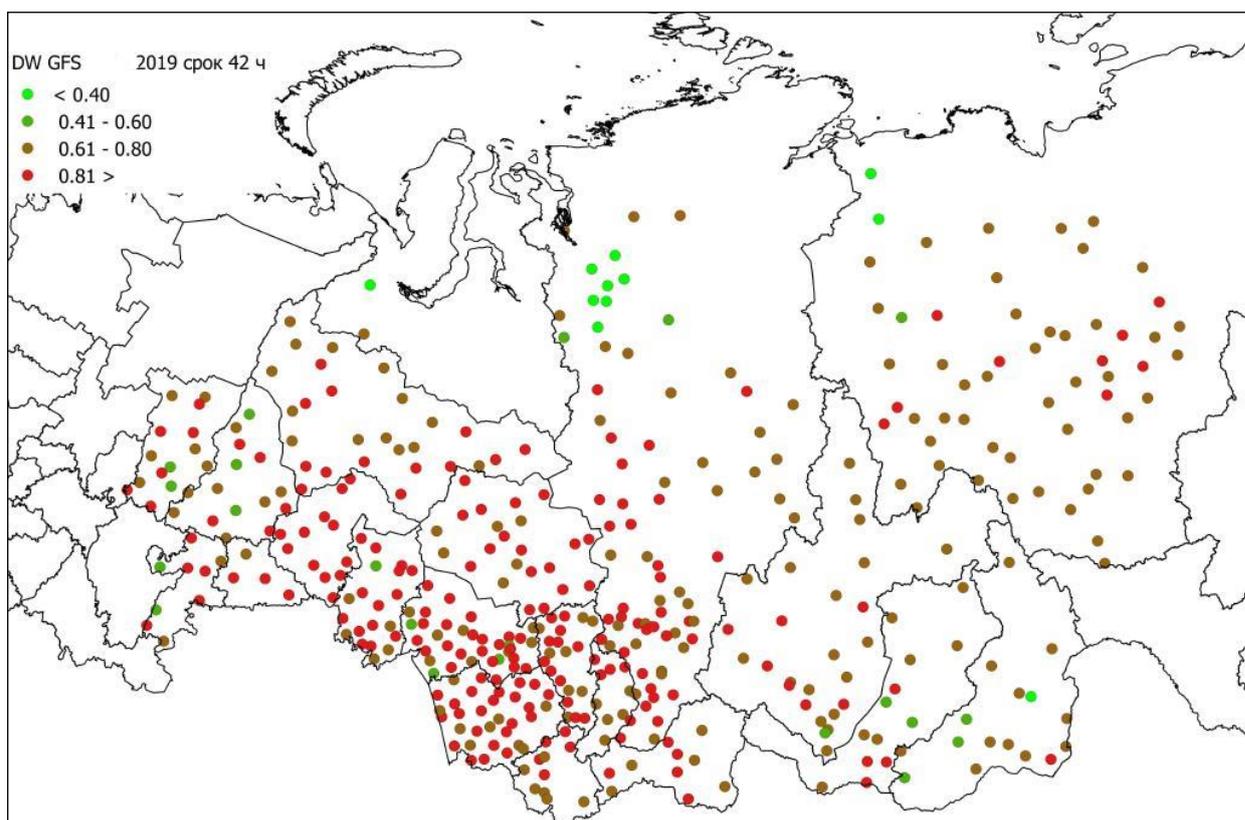


Рисунок 31 - Значение критерия Пирси-Обухова прогнозов заморозков в воздухе по бинарным деревьям, построенным на базе модели COSMO(вверху) и GFS (внизу) на вторые сутки. Май-сентябрь 2019г.

Авторская типизация гололеда и гололедицы по погодным условиям

- 1 - гололед(КН-01)
- 2 - гололедица сильная: жидкие/смешанные осадки + резкий переход через 0($t_{<} \leq -10/12ч$)
- 3 - гололед сохраняется: после кода 1, пока сроки снег $\leq 1см$, $t_n \leq -1$, $t_d \leq -5$, (до +2-х суток)
- 4 - гололедица умеренная: жидкие/смешанные осадки + постепенный переход через 0($t_{<} < -7/24ч$)
- 5 - гололед скрытый: после кодов 1,3 лег. снег $\leq 5см$ (до +1-х суток)
- 6 - гололедица местами: устойчивый снежный покров + оттепель (резкий переход через 0)
- 7 - гололедица местами: устойчивый снежный покров + солнце + $t_d \geq -5$ + $t_n < -5$
- 8 - гололед слабеет: после кодов 1,3,5 лег. снег $> 5см$ (до +2-х суток)
- 9 - гололед тает: после кодов 1,2,3 $t_n > 0$, $t_d > -5$, (до +1-х суток)
- 0 - ни один из 1..9 не выполняется

Таблица 4 - Частота кодов авторской типизации гололеда и гололедицы по погодным условиям по территории Урало-Сибирского региона и Якутии. Частоты по полусуткам за 4 года.

Код	Максимальное число случаев (индекс станции)	Среднее число случаев	Минимальное число случаев	Явление
1	175 (23912)	6	1	гололед (КН-01)
2	629 (30961)	66	2	гололедица сильная: жидкие/смешанные осадки + резкий переход через 0 ($t \leq -10/12ч$)
3	94 (23912)	3	3	гололед сохраняется: после кода 1, пока сроки снег ≤ 1 см, $t_n \leq -1$ н, $t_d \leq -5$, (до +2-х суток)
4	699 (30961)	115	4	гололедица умеренная: жидкие/смешанные осадки + постепенный переход через 0 ($t < -7/24ч$)
5	57 (23912)	1	5	гололед скрытый: после кодов 1,3 лег снег ≤ 5 см (до +1-х суток)
6	199 (23527)	47	6	гололедица местами: устойчивый снежный покров + оттепель + резкий переход через 0 ($t \leq -5/12ч$)
7	58 (28144)	13	7	гололедица местами: устойчивый снежный покров + солнце + $t_d \geq -5$ + $t_n < -5$
8	26 (23912)	1	8	гололед слабеет: после кодов 1,3,5 лег_снег > 5 см (до +2-х суток)
9	29 (23912)	1	9	гололед тает: после кодов 1,2,3 $t_n > 0$, $t_d > -5$, (до +1-х суток)
0	Ни одно условие не выполняется			

Выполненные исследования подхватили чуть не утерянную традицию и одно из основных предназначений СибНИГМИ - развивать самые актуальные для Урало-Сибирского региона и Якутии метеорологические направления. А что может быть актуальнее для нашего региона с полугодовой морозной зимой чем гололедные явления?

Работа выполнена на современном уровне с использованием выходной продукции актуальных оперативных моделей. К плюсам можно отнести и использование двух моделей различных научных школ для сравнения и оценки их применимости к условиям самого резко-континентального климата на планете, для которого они вряд ли специально адаптировались.

Значительную часть работы содержит специальная подготовка и обработка входных данных для трех целевых задач. Авторы почти не использовали готовых стандартных алгоритмов и программ, поскольку предиктанты слишком неоднородны и даже трудноформализуемы для машинной обработки. К тому же в процессе разработки методики и алгоритмов зачастую рождается понимание границ возможного после экспериментирования с самими входными данными, а не только с алгоритмами построения решений.

Выполненная работа включает как законченные разделы, доведенные до готовых к передаче на оперативные испытания программ усвоения оперативных данных и полностью автоматизированных расчетов прогнозов (заморозки и гололед), так и открывает новое направление исследований (гололедица), для внедрения первых результатов которого нормативные документы пока не готовы.

Методы и технология прогнозов гололеда, заморозков в воздухе и на почве передаются на оперативные испытания в подразделения Гидрометслужбы Урало-Сибирского региона. Для пользователей разработаны «Методические Рекомендации по использованию метода и технология краткосрочного прогнозирования заморозков в воздухе и на почве по территории Урало-Сибирского региона», «Методические рекомендации по использованию метода и технологии краткосрочного прогнозирования гололеда на территории Урало-Сибирского региона».

Календарный план выполнен.

Наименование и индекс темы. 1.1.9.1.п. 2. Развить технологию долгосрочного прогнозирования на базе физико-статистического метода сезонного прогноза приземной температуры, осадков и расходов воды рек по Западной и Восточной Сибири.

Ожидаемый результат по теме.

Технология сезонного прогноза приземной температуры, осадков и расходов воды рек по Западной и Восточной Сибири.

Полученный результат

Объект исследования: приземная температура атмосферы, суммы осадков в Сибири, полезный приток в оз. Байкал, приток воды в Новосибирское водохранилище.

Цель работы: повышение качества долгосрочных гидрометеорологических прогнозов путём анализа и моделирования процессов, формирующих аномалии полей температуры и влажности в приземной атмосфере Западной и Восточной Сибири и динамики притока воды в оз. Байкал и Новосибирское водохранилище.

Метод проведения работы: статистический анализ; моделирование временных рядов; физико-статистическое моделирование.

Значимость работы: причины формирования сезонных изменений температуры нижней тропосферы и осадков в Западной и Восточной Сибири и динамики притока в оз. Байкал и Новосибирское водохранилище. Повышение качества долгосрочных прогнозов температуры приземной атмосферы и осадков в Западной и Восточной Сибири и притока воды в оз. Байкал и Новосибирское водохранилище.

Основные результаты: Построена модель аддитивного набора периодических функций. На основе построенной модели созданы новые методы долгосрочного сезонного прогноза температуры приземной атмосферы и сумм осадков для Восточной Сибири и полезного притока в оз.Байкал. Создана пространственная модель, прогнозирующая поля сезонных и месячных температур и осадков по территории Западной Сибири.

Сезонные долгосрочные гидрометеорологические прогнозы по Западной и Восточной Сибири имеют сравнительно невысокий уровень оправдываемости, если ориентироваться на потребности практики. Успехи гидродинамического подхода, несмотря на неоднократные усилия, не привели к заметному повышению оправдываемости. По мнению авторов, причина в необоснованном расширении гидродинамических моделей с суток, декад и месяца на сезон. Результаты такого подхода показывают, что в лучшем случае удается прогнозировать месяц с нулевой заблаговременностью. Прогноз на более длительные сроки не отличается от климатической модели. Перспективу авторы видят в физико-статистическом подходе.

Сезонные долгосрочные гидрометеорологические прогнозы по Западной и Восточной Сибири имеют сравнительно невысокий уровень оправдываемости, если ориентироваться на потребности практики. Здесь есть над чем поработать.

Проблема изменения климата рассматривается в планетарном масштабе. Имеются две точки зрения на причину современного потепления приземной атмосферы, достигшей 1 градуса. Первая, наиболее распространенная, указывает на увеличение парникового эффекта, вызванного увеличением концентрации CO_2 из-за сжигания человеком углеводородов (доклады IPCC). Вторая опирается на уменьшение альбедо Бонда, которое, по нашему мнению, имеет природную причину. Рассматриваются обе точки зрения, и показывается ошибки первой и истинность второй.

Основные результаты работы в целом по теме.

База данных технологии подготовки долгосрочных гидрометеорологических прогнозов «Кассандра-Сибирь» (рисунок 32) пополнена первичными геофизическими данными за 2017-2019 гг., начиная с декадного разрешения. В базе собраны первичные данные по гидрометеорологическим полям Западной и Восточной Сибири разного разрешения, от срочных до годовых, а также данные по космическому окружению Земли: солнечная активность, движения планет Солнечной системы, потоков космических лучей, межпланетного магнитного поля и других параметров.

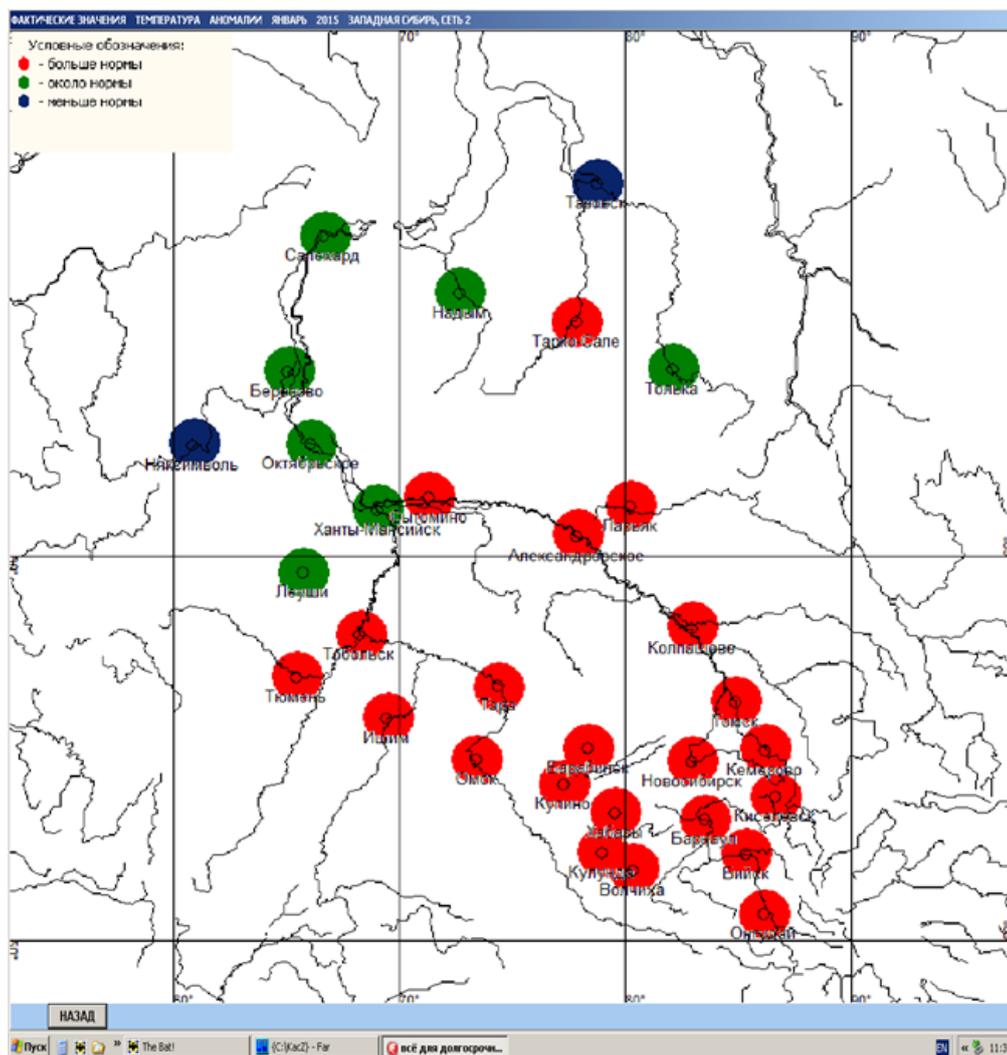


Рисунок 32 - Пример выдачи аномалий данных в форме карты

Построена аддитивная периодическая модель. Суть модели в том, что набор функций не обязан быть набором гармонических функций. И в этом существенное отличие новой модели. Ранее авторы строили модель, которая локально, на последнем перед прогнозируемым периодом, после снятия линейного тренда, подгоняла 2-3 гармониками аномалии анализируемого ряда. Это так называемый локальный подход:

Локальная модель

Предполагается, что на интервале ряда, предшествующего интервалу прогноза, ряд может быть представлен набором небольшого числа гармоник. Предположим, что исследуемый процесс имеет вид:

$$y_t = A_0 + \sum_{k=1}^m A_k \cos(w_k t) + \sum_{k=1}^m B_k \sin(w_k t) \quad (2.1)$$

где m – количество гармоник;

w_k - частота k -ой гармоники;

A_k, B_k – неизвестные коэффициенты;

$\varepsilon(t)$ – стационарный случайный процесс с нормальным законом распределения в любой момент времени.

t - время, которое принадлежит интервалу стационарности.

В отличие от него глобальный подход рассматривает весь ряд и аппроксимирует его набором периодических функций, в частности гармониками, если они выявляются.

Предполагается, что исходный ряд X состоит из аддитивного набора m периодических функций P , взятых в N моментов времени:

$$X(t_k) = \sum_{i=1}^{i=m} P_i(t_k) , k=1, \dots, N \quad (2.4)$$

Причём шаг по времени не обязательно должен быть равным, а периодические функции могут быть гармониками, но могут и не быть.

Аддитивная периодическая модель применяется для долгосрочного прогноза температуры, осадков по Восточной Сибири и полезного притока в оз.Байкал для тёплого и холодного периодов года с детализацией по месяцам.

Будем выделять периоды функций, анализируя спектрограмму, под которой будем понимать размах колебаний функции на периоде T . Исходный ряд предварительно центрируется линейной регрессией и нормируется на среднеквадратическое отклонение ряда.

Тестовый ряд представляет собой сумму из двух периодических, но не гармонических функций, и 12 гармоник:

$$X(t_k) = F1(w_1*t_k) + F2(w_2*t_k) + \sum A_j * \sin(w_j*t_k) + B_j * \cos(w_j*t_k) \quad (2.7)$$

где $j=3, \dots, 14$.

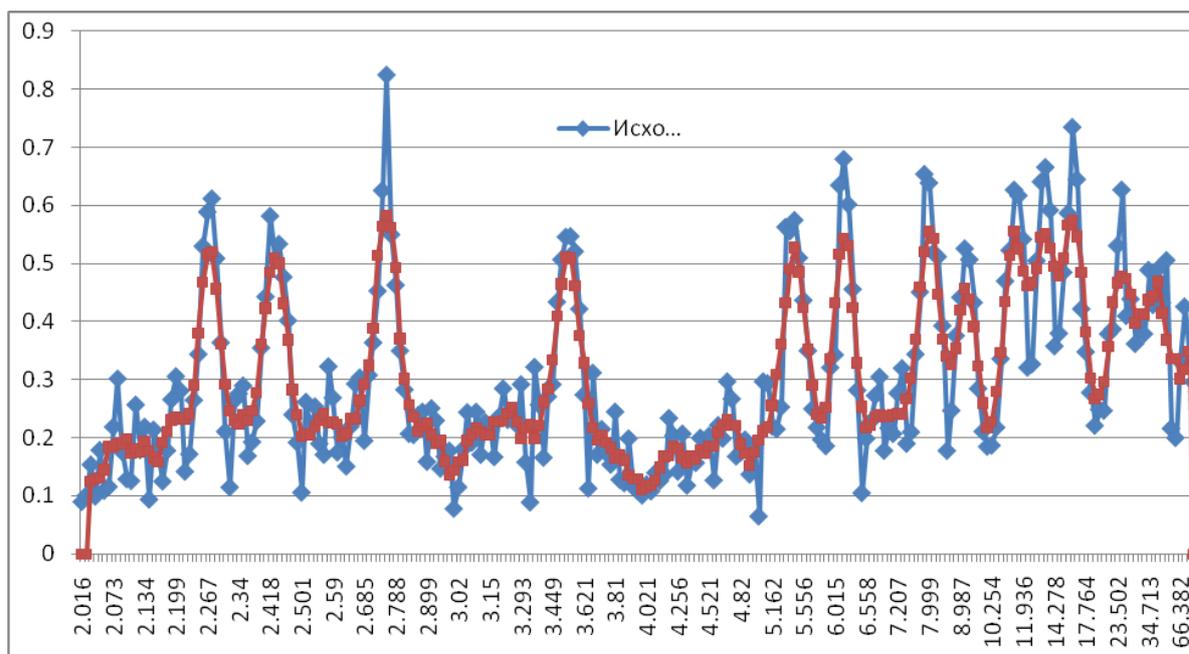


Рисунок 33 - Спектрограмма (размах) теста (красный – сглаженная по 5 точкам)

Из рисунка 33 видно, что уровень 0.35-0.45 отсекает шумовую часть. В дальнейшем будем брать этот уровень, как значение, отделяющее истинные периоды от шума.

В таблице 5 собраны результаты выделения периодов: «Точный» - это тест, «Эмпирический» - это то, что выявлено моделью.

Таблица 5 - Точность выделения периодов

Точный	2,27	2,43	2,76	3,53	5,45	6,15	7,98	9,30	11,3	13,5	15,9	23,5	34,9
Эмпиричес	2,27	2,44	2,74	3,53	5,46	6,18	8,02	9,01	11,2	13,9	15,6	25,9	34,4
Абс. ошиб	0,0	0,01	0,02	0,0	0,01	0,03	0,04	0,29	0,1	0,4	0,3	2,48	0,5
Относ. %	0,0	0,41	0,72	0,0	0,18	0,49	0,5	3,12	0,89	3,11	2,13	10,5	1,37

Проведены авторские испытания модели на 10-летнем периоде: 2009-2018 гг. АПМ работает лучше климатической модели и инерционной модели, но уступает в оправдываемости ЛКМ. По прогнозу полезного притока в оз. Байкал в тёплый период успеха нет. Итоги по холодному периоду будут подведены во II квартале 2020 года.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИДРОМЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Оценку успешности моделирования среднемесячной температуры приземной атмосферы будем производить по установленным в Гидрометслужбе критериям: критерий критерий ρ и критерий ΔT .

Критерий ρ оценивает 2-классовое распределение «факт-прогноз» по таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Таблица сопряжённости критерия ρ

Факт	Меньше нормы	Больше нормы
Прогноз		
Меньше нормы	1	0
Больше нормы	0	1

За «норму» обычно берут 30-летний период: 1971-2000, 1981-2010, 1991-2020гг. В настоящее время принят период 1981-2010 гг. Расчёт проводится по формуле

$$\rho = (M - L) / (M + L)$$

где M – количество оправдавшихся прогнозов, L – количество ошибочных.

Критерий $\Delta T = \Delta T_{\text{факт}} - \Delta T_{\text{прогноз}}$ оценивает оправдываемость прогнозов по следующему алгоритму:

если $ \Delta T \leq 1^\circ\text{C}$, то	100%
если $1^\circ\text{C} < \Delta T \leq 2^\circ\text{C}$, то	75%
если $2^\circ\text{C} < \Delta T \leq 3^\circ\text{C}$, то	25%
если $3^\circ\text{C} < \Delta T $, то	0%

В случае значительных аномалий $|\Delta T_{\text{факт}}| > 3^\circ\text{C}$ оценка прогноза проводится по следующему алгоритму:

если $\Delta T_{\text{факт}} > 3^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{\text{прогноз}} > 2^\circ\text{C}$, то	100%
если $\Delta T_{\text{факт}} > 3^\circ\text{C}$ и $2^\circ\text{C} > \Delta T_{\text{прогноз}} > 1^\circ\text{C}$, то	75%
если $\Delta T_{\text{факт}} < -3^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{\text{прогноз}} < -2^\circ\text{C}$, то	100%
если $\Delta T_{\text{факт}} < -3^\circ\text{C}$ и $-2^\circ\text{C} < \Delta T_{\text{прогноз}} < -1^\circ\text{C}$, то	75%

В таблицах 6-7 представлены результаты оправдываемости долгосрочных прогнозов температуры приземной атмосферы, вычисленные по Локально-климатической модели (ЛКМ) и Аддитивной периодической модели (АПМ) за интервал 2009-1018 г.г. для тёплого и холодного периодов года.

Таблица 3.2 - Оправдываемость прогнозов среднемесячной температуры приземной атмосферы по ЛКМ и АПМ (тёплый период)

Критерий	ρ		ΔT	
	АПМ	ЛКМ	АПМ	ЛКМ
АЛЫГДЖЕР	-0.20	0.35	68.8	81.3
БАЙКАЛЬСК	-0.27	0.15	68.0	81.3
БАЛАГАНСК	-0.03	0.08	64.3	77.5
БАЯНДАЙ	0.03	0.30	67.8	73.3
БРАТСК	-0.23	0.30	62.2	73.8
ВЕРХ. ГУТАРА	-0.30	0.42	69.2	80.4
ЕРБОГАЧЁН	0.03	0.27	61.8	74.2
ЖИГАЛОВО	-0.27	0.35	66.8	79.6
ЗИМА	-0.10	0.35	67.0	79.6
ИНГА	0.07	0.35	73.5	83.8
ИРКУТСК	0.00	0.53	71.8	77.1
КАРАМ	-0.10	0.12	73.2	81.7
КАЧУГ	-0.37	0.17	66.2	77.9
КИРЕНСК	-0.10	0.10	69.8	78.8
КУЛТУК	-0.30	0.18	70.5	78.8
МАМАКАН	-0.10	0.05	64.5	80.4
НАКАННО	-0.2	0.27	55.2	70.4
НИЖНЕУДИНСК	-0.07	0.32	68.8	85.8
ОРЛИНГА	-0.20	0.08	73.5	81.3
ТУЛУН	-0.27	0.35	60.5	77.9
УСТЬ-ОРДЫНСК	-0.23	0.43	59.0	77.1
ХАМАР-ДАБАН	-0.10	0.32	64.7	74.6
ЧЕРЕМХОВО	-0.07	0.30	64.2	76.7
ИТОГО:	-0.15	0.27	66.6	78.4

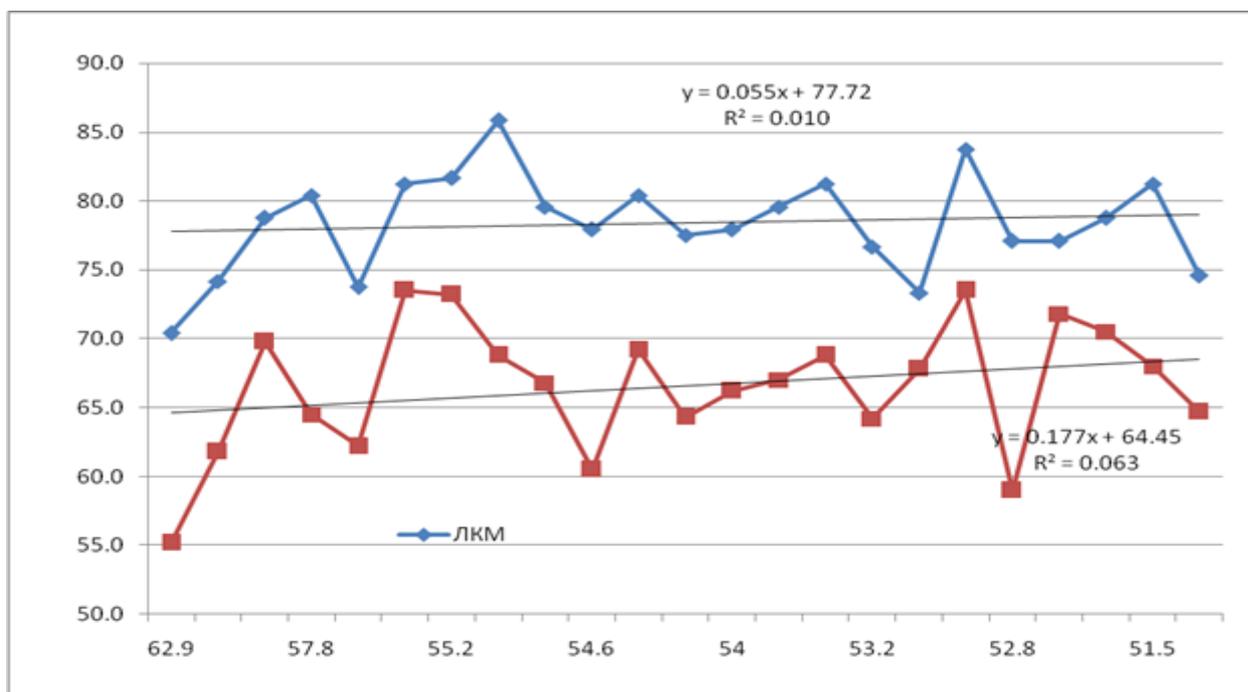
Таблица 7 - Оправдываемость прогнозов по ЛКМ и АПМ (холодный период)

Критерий	ρ		ΔT	
	АПМ	ЛКМ	АПМ	ЛКМ
АЛЫГДЖЕР	-0.07	0.00	44.2	46.7
БАЙКАЛЬСК	0.03	0.08	52.9	46.7
БАЛАГАНСК	-0.20	0.13	43.3	47.5
БАЯНДАЙ	-0.10	0.00	37.5	42.9
БРАТСК	-0.20	0.23	40.4	45.0
ВЕРХ. ГУТАРА	0.10	0.22	45.4	51.3
ЕРБОГАЧЁН	-0.05	0.30	36.7	51.7
ЖИГАЛОВО	-0.30	0.33	37.9	47.9
ЗИМА	-0.12	0.17	40.0	45.0
ИНГА	-0.25	0.10	45.8	47.1
ИРКУТСК	-0.22	0.20	45.8	49.2
КАРАМ	-0.08	0.22	42.9	48.3
КАЧУГ	-0.03	-0.02	44.2	46.3
КИРЕНСК	-0.18	0.28	42.1	52.1

КУЛТУК	-0.05	0.13	48.3	51.3
МАМАКАН	-0.18	0.20	46.7	53.3
НАКАННО	-0.22	0.13	40.8	47.1
НИЖНЕУДИНСК	-0.15	0.27	37.1	45.4
ОРЛИНГА	-0.22	0.15	36.7	45.4
ТУЛУН	-0.18	0.08	39.6	41.7
УСТЬ-ОРДЫНСК	-0.13	0.15	46.3	45.0
ХАМАР-ДАБАН	-0.13	0.07	42.1	42.5
ЧЕРЕМХОВО	-0.25	0.17	43.8	42.5
ИТОГО:	-0.14	0.16	42.6	47.3

Вопрос: зависит ли оправдываемость прогнозов от широты или долготы ГМС? На рисунке 34 представлены соответствующие графики, вычисленные по критерию ΔT и ρ , усредненные за период 2009-2018 гг. Из графиков видно, что оправдываемость прогнозов растет при движении с севера на юг по широте до 3% и с востока на запад по долготе до 4% .

Причём между оправдываемостью прогнозов по ЛКМ и АПМ имеется значительная корреляция: коэффициент корреляции равен 0,68 для тёплого периода и 0,48 для холодного периода. Это означает, что столь разные по своей природе модели как локальный тренд и набор периодических функций работают практически синхронно на сети ГМС, хотя и с разным уровнем оправдываемости. ЛКМ показывает в среднем за 10 лет 78,4%, а АПМ даёт 66,6%. Но по холодному периоду обе модели работают плохо, хотя знак аномалии ЛКМ улавливает.



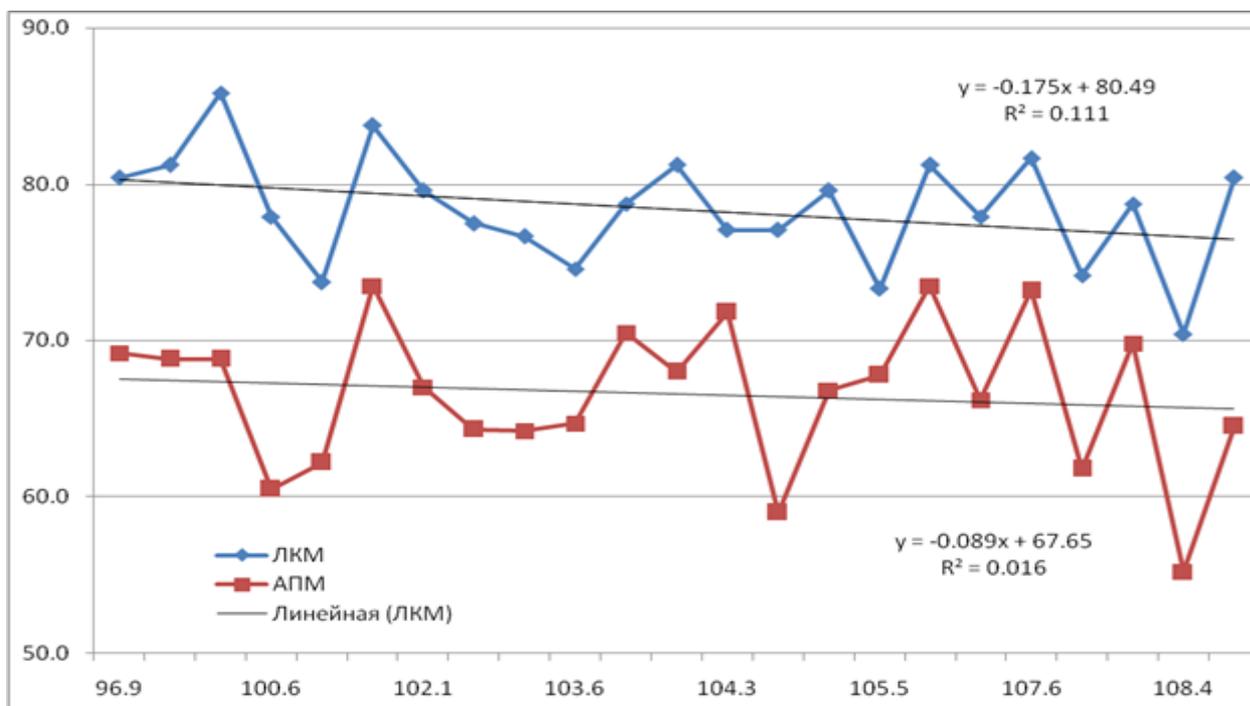


Рисунок 34 - Оправдываемость по критерию ΔT (%%) ДМП по Восточной Сибири за тёплый период года в зависимости от Северной широты (верх) и Восточной долготы (низ) ГМС

Распределение оправдываемости ДМП по месяцам за тёплый период представлено на рисунке 35. В апреле АПМ прогнозирует ниже уровня случайных прогнозов и всегда меньше оправдываемости по ЛКМ, которая имеет минимум в апреле месяце, равный 61 %, а по остальным месяцам оправдываемость находится в диапазоне 75-85%, что весьма хорошо для долгосрочного прогноза.

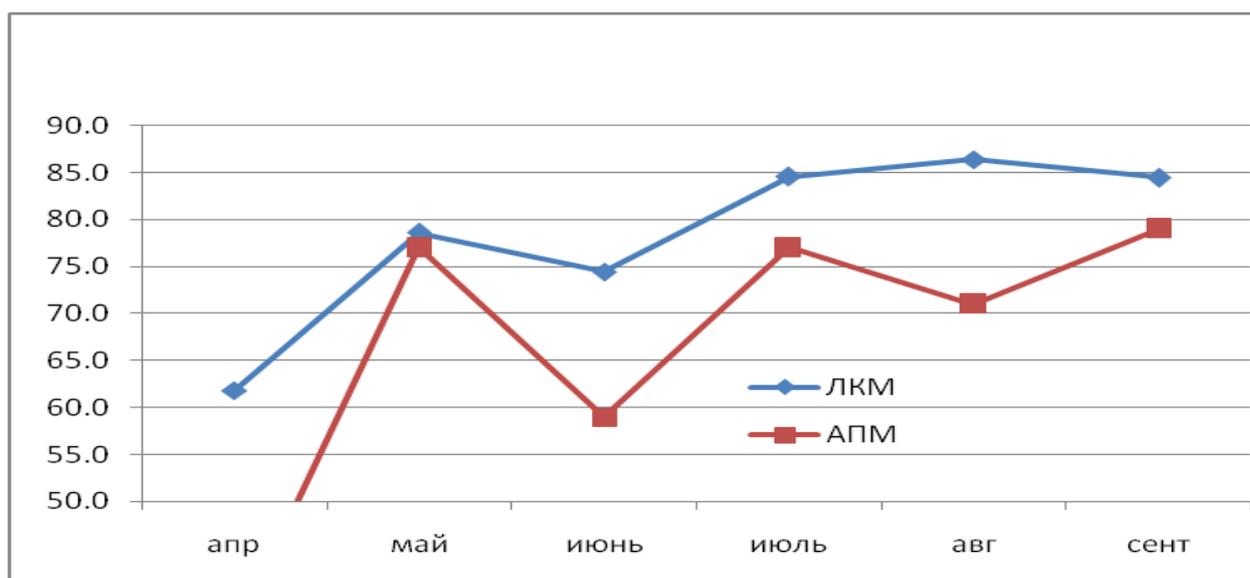


Рисунок 35 - Оправдываемость ДМП по критерию ΔT для ЛКМ и АПМ (Восточная Сибирь, среднее за период 2009-2018 гг.)

Осадки

Основным критерием оценки оправдываемости ДМП осадков является критерий P_R . В таблице 3.4 представлены данные для вычисления оценки оправдываемости по критерию P_R .

Таблица 3.4 - Матрица сопряженности (%%) критерия P_R

Факт \ Прогноз	МН	ОН	БН
МН	100	50	0
ОН	50	100	50
БН	0	50	100

ОН означает «около нормы» и характеризует все месячные осадки, попадающие в интервал «норма»*(1±0.2). Соответственно вычисляются классы «больше нормы» (БН) и «меньше нормы» (МН). Уровень случайных прогнозов при равномерном распределении по классам равен 56%.

Таблица 8 - Оправдываемость долгосрочных прогнозов месячных сумм осадков по ЛКМ и АПМ за 2009-2018 гг.

Период	Теплый		Холодный
	ЛКМ	АПМ	ЛКМ
АЛЫГДЖЕР	67.5	70.8	53.3
БАЙКАЛЬСК	71.7	61.7	63.3
БАЛАГАНСК	62.5	54.2	60.0
БАЯНДАЙ	67.5	61.7	54.2
БРАТСК	55.8	63.3	63.3
ВЕРХ. ГУТАРА	68.3	70.8	58.3
ЕРБОГАЧЁН	64.2	59.2	66.7
ЖИГАЛОВО	70.0	60.8	61.7
ЗИМА	63.3	60.0	57.5
ИНГА	74.2	62.5	63.3
ИРКУТСК	60.8	56.7	51.7
КАРАМ	72.5	59.2	66.7
КАЧУГ	61.7	55.0	54.2
КИРЕНСК	64.2	58.3	62.5
КУЛТУК	70.8	59.2	57.5
МАМАКАН	65.0	55.8	66.7
НАКАННО	55.0	55.0	72.5
НИЖНЕУДИНСК	63.3	59.2	68.3
ОРЛИНГА	63.3	59.2	66.7
ТУЛУН	59.2	52.5	67.5
УСТЬ-ОРДЫНСК	65.8	56.7	52.5
ХАМАР-ДАБАН	69.2	61.7	67.5
ЧЕРЕМХОВО	67.5	62.5	60.0
ИТОГО:	65.4	59.7	61.6

Очевидно, что локально-климатическая модель работает лучше аддитивной периодической модели на прогнозе месячных сумм осадков по тёплому периоду почти на 6%, а по холодному, АПМ – на уровне случайного прогноза.

Полезный приток воды в оз. Байкал

Таблица 9 - Оправдываемость долгосрочного прогноза полезного притока в оз. Байкал за тёплый период 2019 года по АПМ

	Прогноз	Факт	□	□Прог-Факт □/□
Апрель+Май	2615	1700	302	3.0
Май+Июнь	5184	3550	649	2.5
Июнь+Июль	5236	4450	1032	0.76
Июль+Август	5457	3850	1101	1.5
Август+Сентябрь	3579	2750	1065	0.76
Сентябрь+Октябрь	2659	1500	726	1.6

В принципе, прогноз полезного притока с 5-летней заблаговременностью по аддитивной периодической модели, даже с остаточной дисперсией в 0.67, может быть полезен при решении практических задач, например при определении ожидаемого тренда.

Как видно из таблицы, ни один из долгосрочных прогнозов полезного притока в оз.Байкал сдвоенных месяцев по АПМ не оправдался .

Вывод: необходимо продолжить оперативные испытания аддитивной периодической модели для долгосрочного прогноза полезного притока в озеро Байкал.

Заметим, что локальная аддитивная периодическая модель даёт положительный эффект при долгосрочном прогнозе, что иллюстрируется таблицей 10.

Таблица 10 - Оправдываемость долгосрочных прогнозов полезного притока в оз. Байкал на III квартал локальной аддитивной периодической моделью

Период	Прогноз	Факт	Отклонен.	Допустим. откл.	Оправды-ваемость
1995 Июль	3360	5700	-2340	920	Нет
Авг.	4970	4400	570	800	Да
Сент.	4330	2400	1930	710	Нет
Квартал	4220	4167	53	680	Да
1996 Июль	4000	3700	300	920	Да
Авг.	5600	3500	2100	800	Нет
Сент.	4600	1700	2900	710	Нет
Квартал	4733	2967	1766	680	Нет
1997 Июль	5100	4500	600	920	Да
Авг.	4300	4490	-190	800	Да
Сент.	3050	2400	650	710	Да

Квартал	4150	3797	353	680	Да
1998 Июль	4500	4700	-200	920	Да
Авг.	5600	6000	-400	800	Да
Сент.	2700	3800	-1100	710	Нет
Квартал	4267	4833	-566	680	Да
1999 Июль	4200	3500	700	920	Да
Авг.	3900	3500	400	800	Да
Сент.	3600	2400	1200	710	Нет
Квартал	3900	3133	767	680	Нет
2000 Июль	4700	4200	500	920	Да
Авг.	4600	4200	400	800	Да
Сент.	3300	3000	300	710	Да
Квартал	4200	3800	400	680	Да

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Для Западной Сибири разрабатывался долгосрочный прогноз среднемесячных температур приземной атмосферы, месячных суммы осадков для тёплого и холодного периодов года с детализацией по месяцам. Применяемая модель основана на идеях д.ф.-м.н. Л.Н.Романова. Есть результат по прогнозу сезонных осадков в холодный период года: $P_R=74\%$. По притоку воды в Новосибирское водохранилище нет улучшения по сравнению с работающей в оперативном режиме моделью Романова-Бочкарёвой.

Пространственная модель для предсказания среднемесячной температуры $T(x, y, z)$ на один шаг по времени вперед может быть представлена в виде формулы:

$$T_{t+\Delta t}(x, y, z) = \alpha_0 + \sum_{i,j,k,s} \alpha_i T_{t-i\Delta t}(x(j), y(k), z(s))$$

В этой формуле индексы i, j, k, s представляют некоторые выборки значений целых чисел из интервалов

$$0 \leq i \leq p,$$

$$0 \leq j \leq m,$$

$$0 \leq k \leq n,$$

$$0 \leq s \leq 1,$$

которые так же, как и коэффициенты $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots$, определяются одновременно исходя из критерия минимума среднего риска. Такой критерий, в случае, когда минимизируется средняя квадратичная погрешность, может быть представлен в виде функционала

$$I(\varphi) = \int (y - \varphi(x))^2 P(x, y) dx dy$$

где $\varphi(x)$ - функция, подлежащая восстановлению, $P(x, y)$ – совместная плотность распределения вероятностей скалярной величины y и векторного аргумента x . В формуле (4.1) индекс i представляет собой индекс по времени меняющийся в пределах предыстории процесса, а j, k, s – индексы по пространству, определяющие соответствующие точки, в которых данные используются при расчете прогнозов. Таким образом, мы имеем пространственную модель с одним единственным параметром T , зависящим от трех координат x, y, z . Роль пространства в данном случае играет трехмерное пространство, определяемое широтой, долготой и высотой.

В формуле (4.1) задействован лишь один единственный параметр $T(x, y, z)$. Однако включение в модель других физических параметров, не связано с какими-либо принципиальными трудностями, и не влечет за собой каких-либо существенных изменений общей схемы прогноза.

В дальнейшем для предсказания средней сезонной температуры использовалась пространственная модель, зависящая от двух координат - x и y . Прогностическая формула при этом приобретает вид

$$T_{t+\Delta t}(x, y) = \alpha_0 + \sum_{i,j,k} \alpha_i T_{t-i\Delta t}(x(j), y(k))$$

где индексы i, j, k как и ранее представляют некоторые выборки значений целых чисел из интервалов

$$\begin{aligned} 0 \leq i \leq p, \\ 0 \leq j \leq m, \\ 0 \leq k \leq n. \end{aligned}$$

Необходимость использования двумерной пространственной модели была продиктована отсутствием регулярной аэрологической информации на территории Сибири.

Таблица 11 - Суммарные оценки прогнозов с помощью пространственной модели (smod) и модели климата для всех месяцев года и всего экзаменационного периода

model	rmse	ρ	P	K	ΔT	klim	iner	Q
smod	3.24	.928	96.24	98.20	92.98	3.24	4.10	.06
smod.of	3.24	0.166	55.56	41.69	56.03	3.14	4.10	1.41
klim	3.14	0.017	47.66	44.30	51.11	3.14	4.10	1.26

Как видно из таблицы 11, незначительное превосходство климатической модели имеет место только в средней квадратичной ошибке $rmse$ и в показателе K . Что касается всех остальных показателей качества, то пространственная модель, оцененная по каждому месяцу отдельно, имеет преимущество по сравнению с климатической моделью. Если же сравнить первую строчку таблицы с последней, то преимущество пространственной модели, оцененной по всем ситуациям одновременно становится более значительным. Различие $rmse$, при этом, составляющая одну десятую, может быть связано с тем, что подсчет ошибок в первом случае идет по месяцам, а во втором случае осуществляется сразу по всем ситуациям одновременно.

Заметим, что суммарная ошибка пространственной модели, принятая для оценивания прогнозов средней месячной температуры ΔT_m , рассчитанная для всех месяцев и всех лет экзаменационного периода имеет превосходство по сравнению с соответствующей климатической моделью почти на 5 процентов (4.91%)

Пространственная статистическая модель имеет ряд важных преимуществ по сравнению с другими моделями, традиционно используемыми при долгосрочном прогнозировании. Главное из этих преимуществ состоит в том, что модель позволяет предсказать не только прогнозируемый элемент в какой-либо точке географического пространства, но и целиком заданное поле этого элемента. Такие поля получаются согласованными как в пространстве, так и во времени в соответствии с критерием среднего риска. Пространственная модель, основанная на временных рядах, в сочетании с использованием среднего риска как основного критерия, может быть эффективным инструментом для создания моделей прогноза большой заблаговременности.

По общему итогу работы отмечено, что в метеорологии новые модели работают лучше климата и инерционного метода, но проигрывают в оправдываемости локально-климатической модели, которая по температуре показывает очень высокие результаты в 70-80%. Этот факт обусловлен наиболее благоприятными условиями работы ЛКМ: длительный период повышения температуры позволил эффективно сработать локальным трендам. Но как только произойдет перелом трендов, этот успех сменится на низкий уровень оправдываемости в течение 3-5 лет. Вот тогда и наступит время вновь созданных моделей.

Календарный план выполнен.

ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА, ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ. ОЦЕНКА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.3)

1.3. Направление «Исследования климата, его изменений и их последствий. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов»

1.3.1. Исследование изменений и изменчивости климата на основе данных наблюдений

Наименование и индекс темы: 1.3.1.3 «Создание совокупности специализированных баз климатических данных о состоянии основных компонентов климатической системы для исследования климата и его изменений, для обслуживания всех групп пользователей. Создание комплексных методов контроля, улучшения качества и однородности климатических данных».

Ожидаемый результат по теме:

Специализированные базы климатических данных для исследования климата и его изменений, для обслуживания всех групп пользователей.

Полученный результат

Неоднородность проявлений изменений климата – в междуполушарном, широтно-долготном и региональном масштабах, увеличение при этом экстремальности метеорологических явлений показана в ряде исследований, чаще всего – глобального потепления климата. Россия отличается разнообразием природных, климатических, экономических условий и т.д., требующих исследований на примере конкретных регионов поэтому информационной базой для них должны быть специально создаваемые массивы характеристик изучаемых явлений, в ряде случаев – нестандартные и имеющие зачастую значение за рамками выполняющихся исследований.

В 2017-19 г.г. в СибНИГМИ выполнялись (продолжены) исследования по созданию специализированных банков данных для изучения и оценки изменений климата в региональном аспекте на примере изучения режима увлажнения (осадков) для юго-востока Западной Сибири. Сохранены используемые автором для данного направления работ концептуальные положения – выбор в качестве параметра (индикатора климатических изменений) – непрерывных периодов характеристик режима осадков определённых по разным критериям.

С 2017 г. для изучения периодов недостаточного увлажнения применён критерий дифференцированно учитывающий режим осадков: названный в работе «специальным» «длительность» сухого периода прерываемого только осадками, эффективными для вегетации растений.

С 2017 г. для изучения периодов недостаточного увлажнения применен вариант критерия, близкого к применявшемуся в серии монографий «Опасные явления». (но для юго-востока Западной Сибири он тогда не применялся).

В отличие от исследования, выполнявшегося на основе учёта осадков с пороговым значением 0,1 мм, названный нами («обобщённый» критерий), в данной работе за критерий принималась определённая длительность «сухого» периода, прерываемого только осадками, количество которых эффективно для вегетации растений.

По разработанным в исследовании макетам банка данных (с учётом максимально адекватного представления о формирующих изучаемые явления метеорологических процессах) сформирован «Банк данных...» («Каталог...») периодов недостаточного увлажнения (определённых по «специальному» критерию) для 61 станции региона.

Включены такие сопутствующие метеопараметры (осреднённые за каждый период) данные о среднесуточной и максимальной температуре, среднесуточной и минимальной за каждые сутки относительной влажности, об атмосферном давлении на уровне моря, о средней и максимальной скорости ветра и др.

Представленный выше критерий назван нами в данной работе «специальным» в отличие от представленного несколько ранее, в предыдущей части всего цикла исследования, «обобщенного» критерия (пример см. таблицу 12).

Таблица 12 - Каталог (специализированный массив) периодов недостаточного увлажнения («специальный» критерий) для станций юго-востока Западной Сибири, включая данные по 2018 год.

НАЗВАНИЕ СТАНЦИИ	ДАТА			Длительность периода	Температура воздуха			Относительная влажность		Атмосферное давление на уровне моря	Скорость ветра	
	год	начало	конец		средняя	средняя максим.	максим.	миним.	средняя		средняя	максим.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
БАРАБИНСК	1901	02.июл	23.июл	22	20,6	99,9	99,9	46	99,9	99,9	99,9	99,9
	2014	23.июл	12.авг	21	17,5	24,2	31,6	40,4	67,5	1009,2	2,5	4
	2015	21.июн	05.июл	15	20,1	27,5	32,7	35,9	57,7	1010,1	3,2	4,6
	2016	31.авг	21.сен	22	15,2	22,8	29,9	39,2	64	1014,1	2,7	4,5
ТАЙГА	2015	12.июн	03.июл	22	18,8	25,8	32,9	39,3	60,9	1011,3	2,3	3,3
		09.июл	22.июл	14	18,5	25,1	30,5	43,5	66,4	1008,6	2,3	4,1

Отдельно сформирован «Специализированный массив данных о периодах недостаточного увлажнения с определёнными экстремальными температурно-влажностными условиями

Таблица 13 – Пример банка данных периодов недостаточного увлажнения (по «специальному» критерию) с определёнными температурно-влажностными характеристиками – с максимальной температурой воздуха 25-30 град., и относительной влажностью $\leq 50\%$.

НАЗВАНИЕ СТАНЦИИ	ДАТА			Длительность периода	Температура воздуха			Относительная влажность		Атмосферное давление на уровне моря	Скорость ветра		
	год	начало	конец		средняя	средняя максим.	максим.	миним.	средняя		средняя	средняя	максим.
ТОМСК	1926	09.июн	29.июн	21	20	26,2	33,2	38,8	99,9	99,9	99,9	2,4	
	2014	12.июн	13.июл	32	21,3	28,3	35,6	39,8	63,1	1011	0,8	1,6	
	2015	09.июл	22.июл	14	19,5	26,1	30,6	39,6	63,3	1008,1	0,8	1,4	
	2016	01.июн	14.июн	14	18,3	25,5	32,2	28,5	50,1	1011,6	0,9	1,6	

Таблица 14 – Пример банка данных периодов недостаточного увлажнения (по «специальному» критерию) с определёнными температурно-влажностными характеристиками – с максимальной температурой воздуха ≥ 30 град., и относительной влажностью $\leq 50\%$.

НАЗВАНИЕ СТАНЦИИ	ДАТА			Длительность периода	Температура воздуха			Относительная влажность		Атмосферное давление на уровне моря	Скорость ветра		
	год	начало	конец		средняя	средняя максим.	максим.	миним.	средняя		средняя	средняя	максим.
ТОМСК	1989	23.06	08.07	16	22,9	30,3	34,4	35,4	56,4	1010,6	2,8	5,3	
НОВЫЙ БАССОГАН	1998	16.07	01.08	17	23,0	30,3	32,4	42,7	69,2	1014,2	2,5	4,4	

На основе полученных банков данных (таблицы 12-14) проведено статистическое обобщение данных об изучаемых периодах в разных временных масштабах – среднемноголетние и максимальные за весь ряд, среднегодовые и т.д., имеющие вероятностно-климатологический аспект и прикладное значение.

Выявлен ряд региональных особенностей их распределения – например, значительная продолжительность, заметное число 20-30 дневных периодов, с повышенной повторяемостью в юго-западных районах региона и др. (таблица 15).

Таблица 15 - Среднее число периодов недостаточного увлажнения n , их средняя непрерывная $УН$ и максимальная (за весь ряд наблюдений) продолжительность, и повторяемость (по спец. критерию) для станций Томской области

Станция	Средняя продолжит.	Повторяемость (%) периодов указанной продолжительности, дни	MAX продолжит.	Даты начала и конца max периода
---------	--------------------	---	----------------	---------------------------------

	УН	n-	окт. 20	21- 30	31- 40	41- 50	51- 60	61- 70	71- 80	81- 90	>90		год	нача ло	конец
Томск	17	2	69,9	25,7	3,2	0,8	0	0,2	0	0	0	61	1884	1.IV	1.VI
Пудино	17	2	74,9	18	4,7	1,9	0	0	0	0	0	47	1928	2.IX	18.X
Майск	18	2	71,8	17,7	8,5	0,3	1	0	0	0	0	51	1988	18.V II	6.IX
Бакчар	18	2	73,2	18,9	5,8	1,5	0	0	0	0	0	48	1991	12.I V	29.V
Старица	17	2	76,5	16,4	4,5	2,1	0	0	0	0	0	47	1954	10.I V	26.V

Рассчитанные параметры пространственно-временной изменчивости, повторяемости (вероятности) в разных аспектах (среднесезонно и по месяцам, для станций и осреднённо для частей региона имеют вероятностно-климатологический аспект, иллюстрируют сезонные и территориальные особенности – преимущество весенних месяцев в повторяемости, зоны повышенной повторяемости, и являются основой для картографической интерпретации. Согласно с общими закономерностями распределения увлажнения по территории, результаты имеют прикладное значение.

Таблица 16 - Распределение (% , среднесезонное) периодов недостаточного увлажнения в соответствии с различной продолжительностью, определённых по "специальному" критерию, по станциям Новосибирской области.

НАЗВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ	СТАНЦИЯ	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ В СУТКАХ						СУММА
		окт.20	21-30	31-40	41-50	51-60	≥ 60	
НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ	БАРАБИНСК	64,5	23,6	6,6	2,9	1	1,5	100
	БОЛОТНОЕ	77,6	16	5,5	0,9	0	0	100
	ДОВОЛЬНОЕ	63,3	23,3	9,5	1,6	0,8	1,6	100
	КРЕЩЕНКА	70	21,1	4,9	2,5	0	1,5	100
	КУПИНО	55,8	24,9	11,8	3,5	2	2	100
	КЫШТОВКА	68,9	25,1	3	2,6	0	0,4	100
	МАСЛЯНИНО	73,9	19,9	4,1	1,7	0,4	0	100
	ОГУРЦОВО	69,7	20,8	6,1	2,9	0,3	0,3	100
	ОРДЫНСКОЕ	70	21,8	4,6	2,3	0,7	0,7	100
	ТАТАРСК	63	22	8,6	4,2	1,5	0,7	100
	УЧЕБНАЯ ПРИ ГПТУ-7	72,8	19,4	5	2,2	0,6	0	100
	ЧУЛЫМ	65,4	22,4	8,7	2,4	0,3	0,7	100
	КАРАСУК	59,5	19,7	11,3	6,1	2,3	1,2	100
КАРГАТ	64,1	25	8,6	1,4	0,5	0,5	100	

	ЗДВИНСК	59,9	21,5	11,8	3,8	1,2	1,8	100
--	---------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

Таблица 17 - Распределение (% , среднесезонное) периодов недостаточного увлажнения в соответствии с различной продолжительностью, определённых по "специальному" критерию, по станциям Новосибирской области.

НАЗВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ	СТАНЦИЯ	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ В СУТКАХ						СУММА
		окт.20	21-30	31-40	41-50	51-60	≥ 60	
	БАРАБИНСК	1,77	0,73	0,18	0,07	0,02	0,03	
	БОЛОТНОЕ	1,29	0,24	0,1	0,02	0	0	
	ДОВОЛЬНОЕ	1,02	0,39	0,15	0,03	0,01	0,03	
	КРЕЩЕНКА	1,06	0,21	0,05	0,03	0	0,01	
	КУПИНО	1,26	0,52	0,26	0,07	0,05	0,05	
	КЫШТОВКА	1,28	0,47	0,05	0,06	0	0	
	МАСЛЯНИНО	1,31	0,34	0,04	0,04	0	0	
	ОГУРЦОВО	1,82	0,59	0,17	0,07	0	0	
	ОРДЫНСКОЕ	1,4	0,44	0,08	0,06	0,01	0,02	
	ТАТАРСК	1,76	0,63	0,21	0,11	0,04	0,01	
	УЧЕБНАЯ ПРИ ГПТУ-7	0,9	0,24	0,06	0,03	0	0	
	ЧУЛЫМ	1,29	0,44	0,13	0,05	0,01	0,02	
	КАРАСУК	1,28	0,45	0,26	0,12	0,05	0,03	
	КАРГАТ	0,98	0,37	0,12	0,02	0	0	
	ЗДВИНСК	1,33	0,45	0,26	0,07	0,03	0,03	
СУММА								100

По специально разработанным алгоритмам, макетам, программам созданы:

- 1) «Специализированный банк данных периодов недостаточного увлажнения (определённых по «специальному» критерию)», для 61 станции ЗСУГМС, отдельно;
- 2) «Банк данных о периодах недостаточного увлажнения с экстремальными температурно-влажностными условиями».

Проведено статистическое обобщение ряда характеристик изучаемых периодов, в среднемноголетнем и среднемесечном масштабах, выявившее ряд их региональных особенностей на юго-востоке Западной Сибири. Рассчитанные параметры

пространственно-временной изменчивости их распределения (повторяемости), также в среднесезонном масштабе и по месяцам является основой для вероятностно-статистической оценки их возможного наличия. Картографическая интерпретация характеристик, (на основе предложенного в работе способа получен пакет карт), анализ изменения по месяцам указанных характеристик и др., позволили выявить ряд сезонных и территориальных особенностей, преимущественные месяцы и районы (локализацию) их повышенной повторяемости. Расчёт и анализ температурно-влажностных условий в изучаемых периодах, рассмотренные в разных временных и территориальных аспектах, позволил выявить сезоны повышенной повторяемости их «опасных» градаций, что важно в прикладном аспекте.

Рассчитаны и проанализированы тенденции межгодовых изменений ряда характеристик периодов по нескольким индикаторным параметрам, также в разных аспектах – по станциям и осреднённо по частям региона и т.д. Выявлены территориальные особенности, межгодовых изменений, необходимые для анализа региональных проявлений климатической изменчивости.

Для анализа «площадных» характеристик периодов, специально разработан авторский алгоритм, (на основе предложенного в работе способа «группировки» ежедневных данных). Созданы «Банки данных изучаемых периодов в соответствии с одновременным охватом ими определённого числа метеостанций», в 2-х вариантах учёта градаций охвата (в %). Расчёт повторяемости процентов охвата в соответствии с длительностью «охвата» и позволяет выявить ситуации с возможными экстремальными гидрометусловиями. Анализ межгодовых изменений «площадных» характеристик выявляет их тенденцию (для определённых процентов и длительностей охвата), что необходимо и важно для анализа региональных климатических изменений.

Полученные результаты не имеют аналогов для данного региона, так как не были получены для него ранее, (то есть получены для него впервые). Они имеют методическое и прикладное значение. Показатели изменчивости характеристик периодов рассмотренные в разных аспектах могут быть использованы в дальнейших исследованиях данного профиля и других. Они позволяют уточнить: а) региональные проявления климатических изменений, б) вероятностно-климатологическую оценку их возможного наличия и обеспеченности региона климатическими и влагоресурсами, важную для перспективного прогнозирования развивающихся структур экономики, для обеспечения различных групп пользователей, и улучшения гидрометеобеспечения региона.

Полученные «Банки данных...» и результаты расчётов планируется, в соответствии с ТЗ, утверждёнными ВНИИГМИ МЦД, разместить на сайте СибНИГМИ.

В соответствии с задачами и программой работы проводилась поддержка в информационном аспекте, полученного в 2016 г. и размещенного на сайте СибНИГМИ «Специализированного массива данных о периодах, определённых по «обобщённому» критерию. Проведены пополнение его данными по 2018 г. включительно, редакционная работа по объединению с «Банком данных...» по 2016 г.

Календарный план выполнен.

1.3. Направление «Исследования климата, его изменений и их последствий. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов»

1.3.3. Исследование воздействия современных и будущих изменений климата на природные системы, экономику и население на региональном и глобальном уровнях.

Наименование и индекс темы

1.3.3.2 «Исследовать влияние изменения климата на потоки парниковых газов (прежде всего, CO₂) через природные биомы на территории России»

Ожидаемый результат по теме

Количественные оценки современных потоков CO₂ для лесных и тундровых экосистем России и их изменений в XXI веке при различных сценариях изменения климата. Результаты сравнительного анализа различных современных методов количественной оценки этих потоков и заключения о точности этих методов.

Полученный результат

Работа посвящена исследованию отклика экосистем территории России на различные климатические условия. Целью работы была оценка для территории России распределения различных типов растительности и потоков углекислого газа в атмосферу в условиях настоящего климата и при возможных в будущем климатических изменениях, и сопоставление оценок, полученных для современного периода, с оценками принятыми РКИК.

Исследования отклика растительного покрова России на климатические изменения проводились с помощью модели деятельного слоя JSBACH. Для задания климатических условий, необходимых для ее работы, были использованы данные реанализа ERA-Interim, и результаты численного моделирования, полученные с помощью глобальных моделей PLASIM и INMCM4. Расчет был проведен для исторического периода и для периода, соответствующего климатическому сценарию RCP 8.5. Было рассмотрено 4 типа растительности: лесная растительность зеленая круглый год и зеленая только летом, листопадные кустарники и травянистая растительность C3.

Полученные оценки характеристик растительности (фракция и ареалы произрастания, валовая и чистая первичная продукция, поток CO_2 в атмосферу) для России демонстрируют широкий разброс значений в зависимости от устанавливаемых климатических условий. Полученные результаты показали расширение лесных пространств на север территории без сокращения лесной фракции на уже облесенных территориях и сокращение фракции травянистой растительности СЗ на севере территории и у ее южных государственных границ. Для всех рассматриваемых типов и регионов получено увеличение поглощения CO_2 за исключением листопадных кустарников. Также получено уменьшение к концу 21 века по сравнению с концом 20 века балансного значения потока CO_2 в атмосферу. Полученные оценки существенно превышают оценки, получаемые по официальным методикам, принятым РКИК, что, возможно, объясняется сочетанием особенностей используемой климатической модели деятельного слоя и входных фоновых климатических данных.

Распределение фракции растительности для разного фонового состояния атмосферы

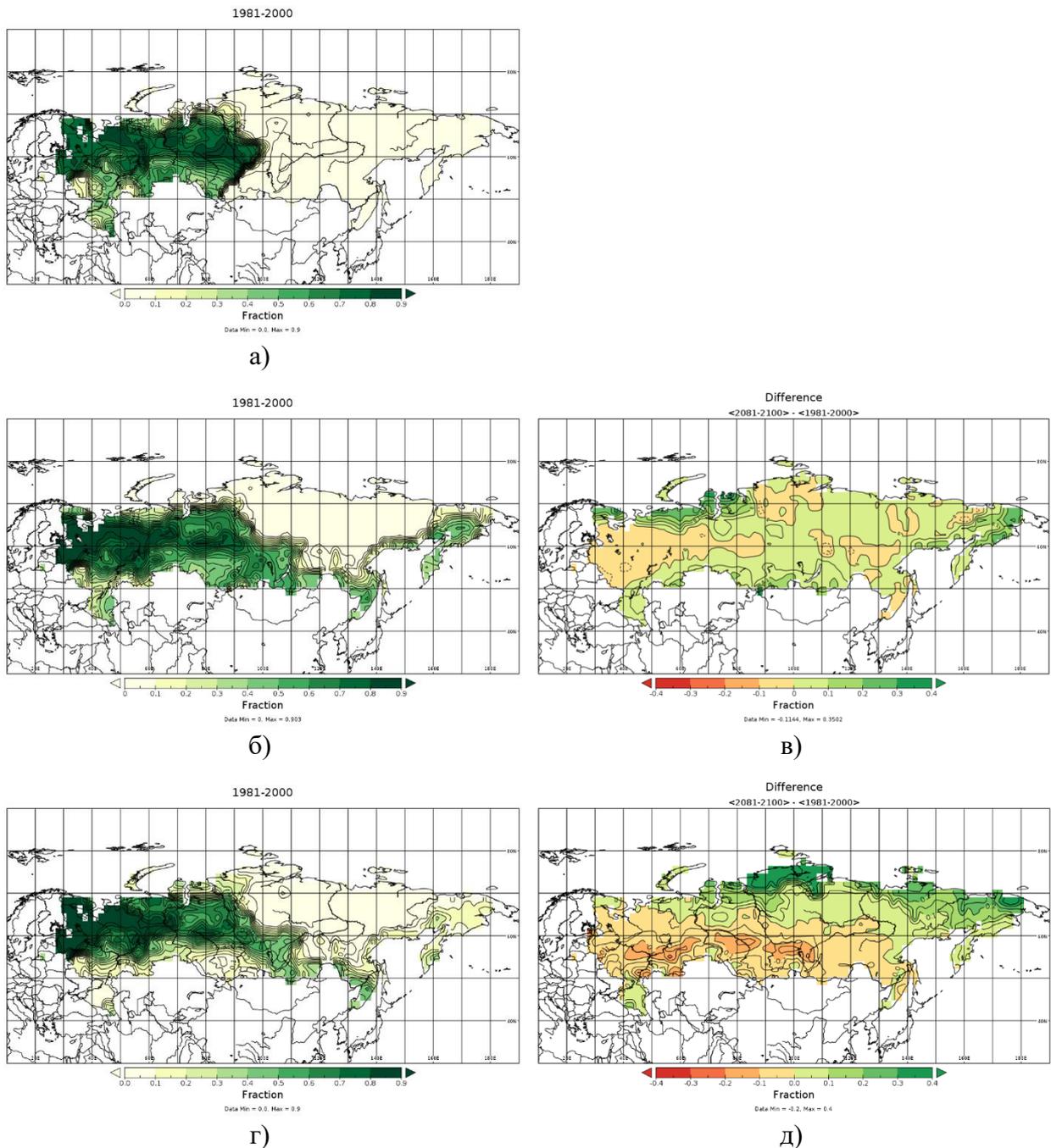


Рисунок 34 — Фракция внетропической вечнозеленой лесной растительности (пихта, ель сосна) для конца 20-го века (1981-2000 гг.) а), б), г) и разница между концом 21-го и 20-го века (2081-2100 и 1981-2000 гг.) в), д) в метеоусловиях, задаваемых реанализом ERA-Interim а) и климатическими моделями INMCM4 б), в), и PLASIM г), д)

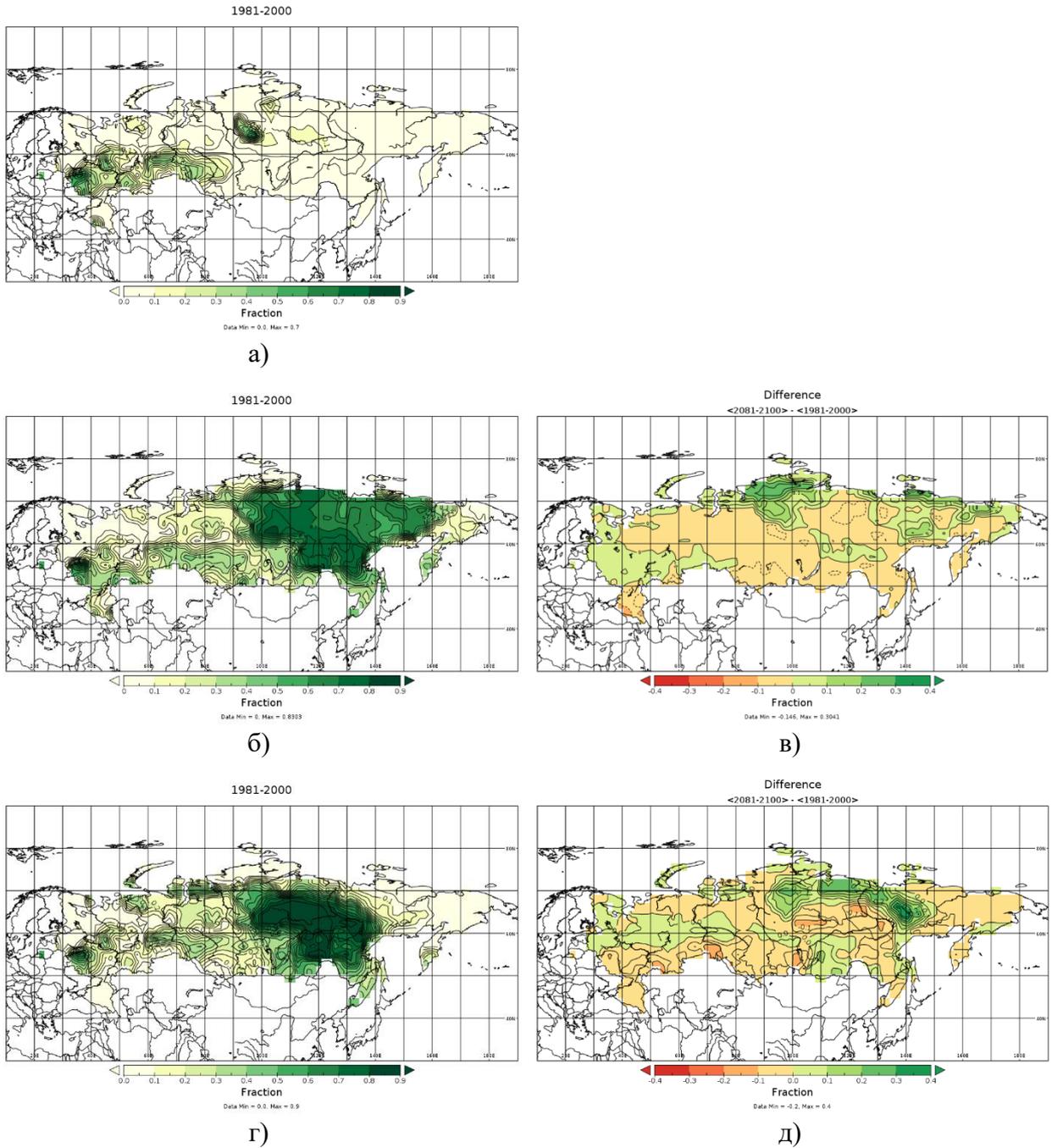


Рисунок 35 — Тоже, что Рисунок А.1, но для фракции внетропической листопадной лесной растительности (лиственница и лиственные леса)

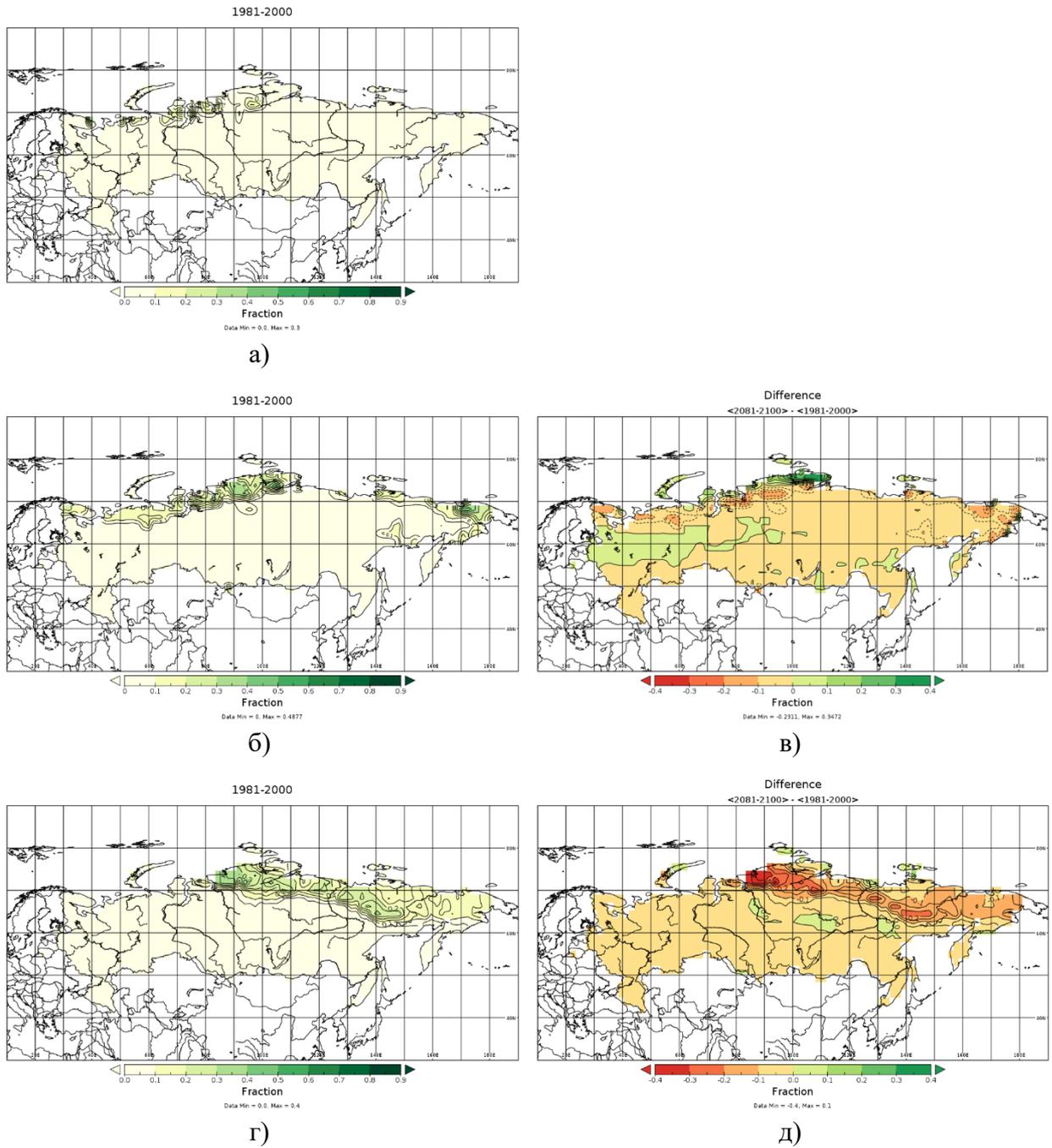


Рисунок 36 — То же, что Рисунок А.1, но для фракции внетропической листопадной кустарниковой растительности

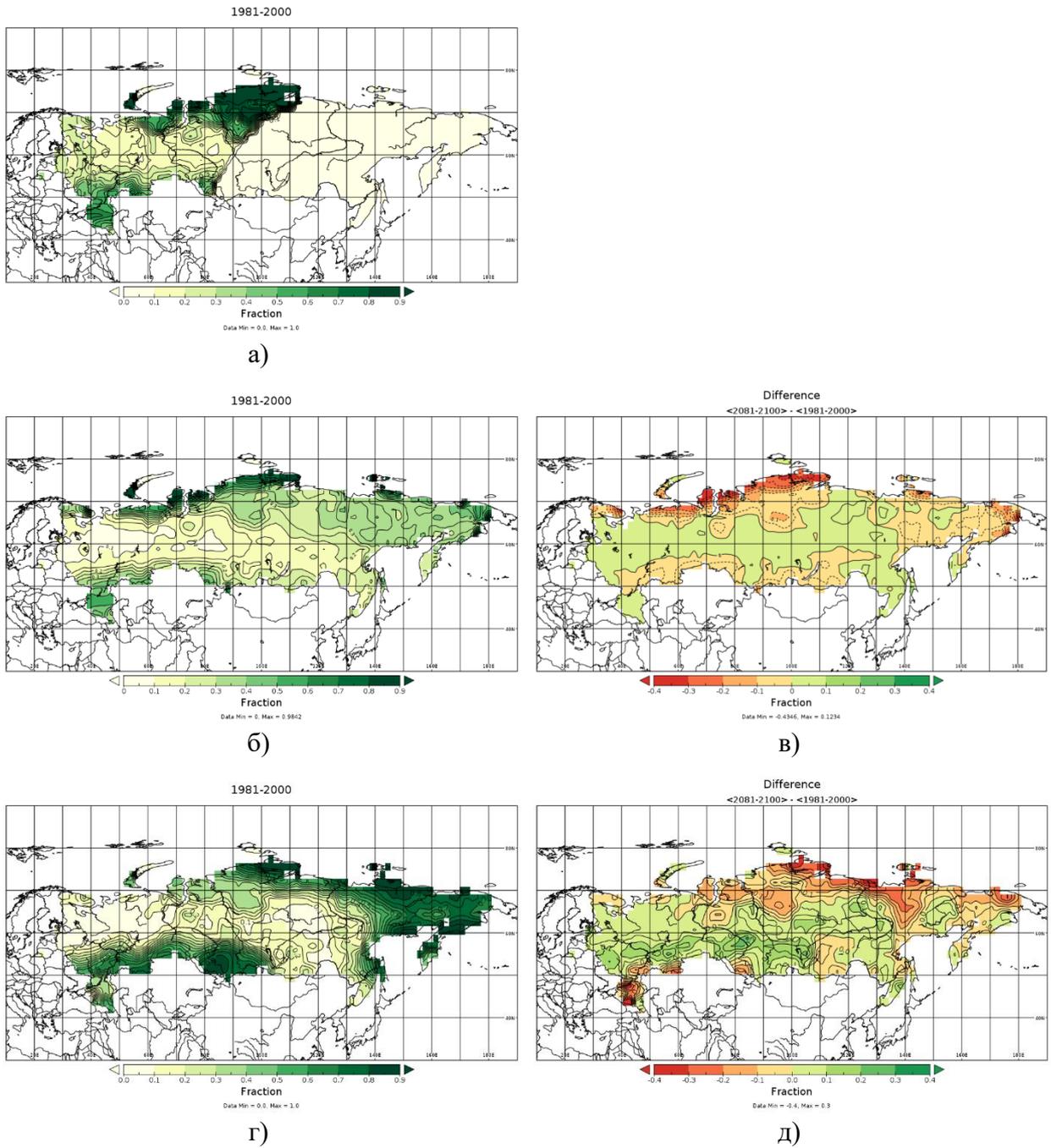


Рисунок 37 — Тоже, что Рисунок А.1, но для фракции внетропической травяной растительности С3

Валовая первичная продукция, GPP, выделенных типов растительности для разного фонового состояния атмосферы

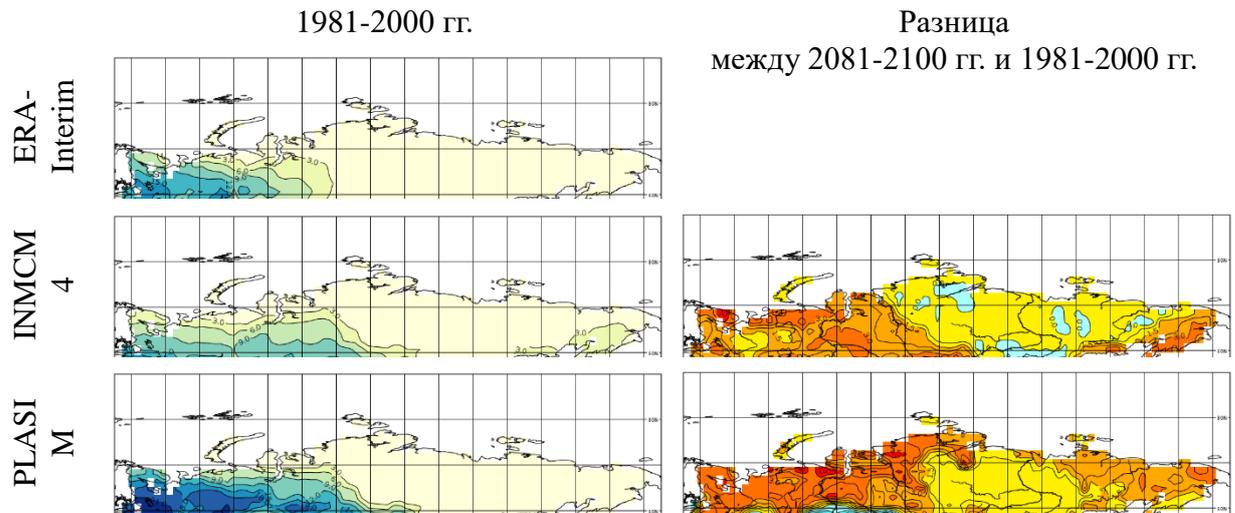


Рисунок 38 — GPP для внетропической зеленой круглый год лесной растительности для фонового климата ERA-Interim а), INMCM4 б), в) и PLASIM г), д) для конца 20 века а), б), г) и разница между концом 21 и 20 века в), д)

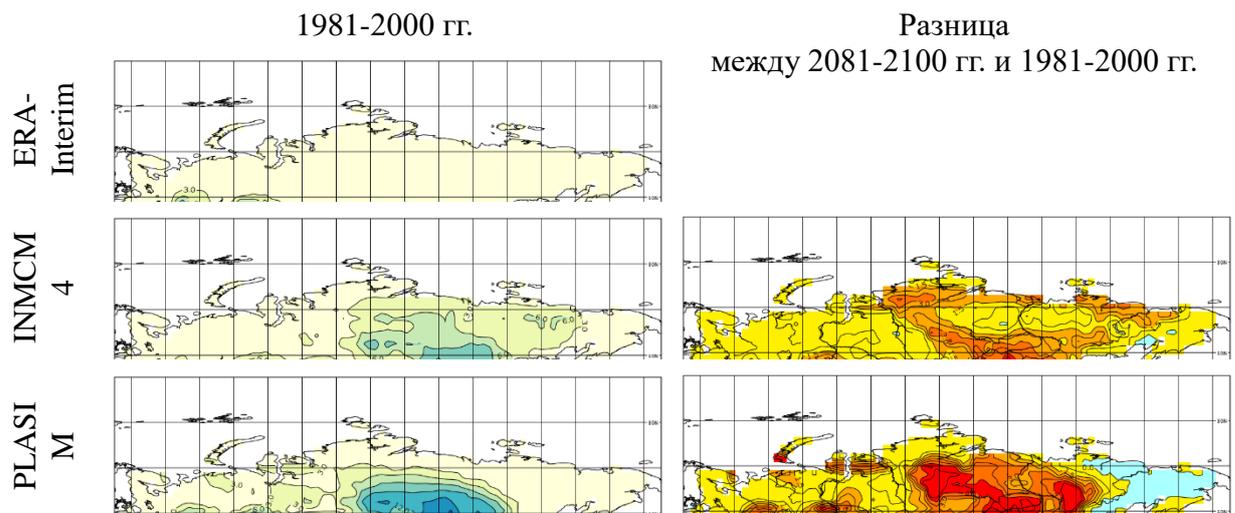


Рисунок 39 — Тоже, что Рисунок 38, но для внетропической листопадной лесной растительности

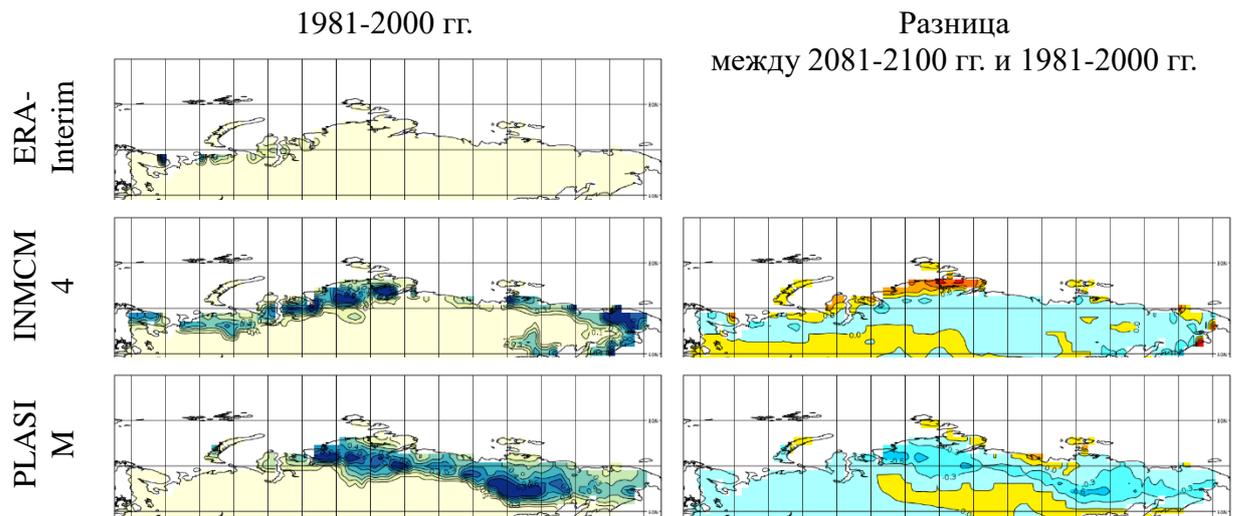


Рисунок 40 — Тоже, что Рисунок 38, но для листопадной кустарниковой растительности

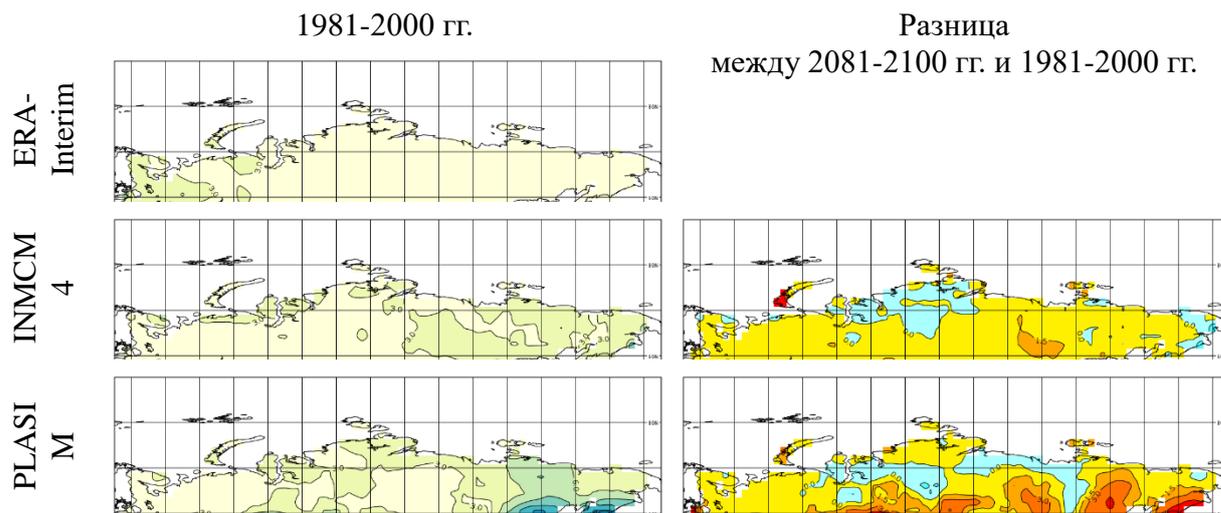


Рисунок 41 — То же, что Рисунок 38, но для травянистой растительности С3

Чистая первичная продукция, NPP, выделенных типов растительности для разного фонового состояния атмосферы

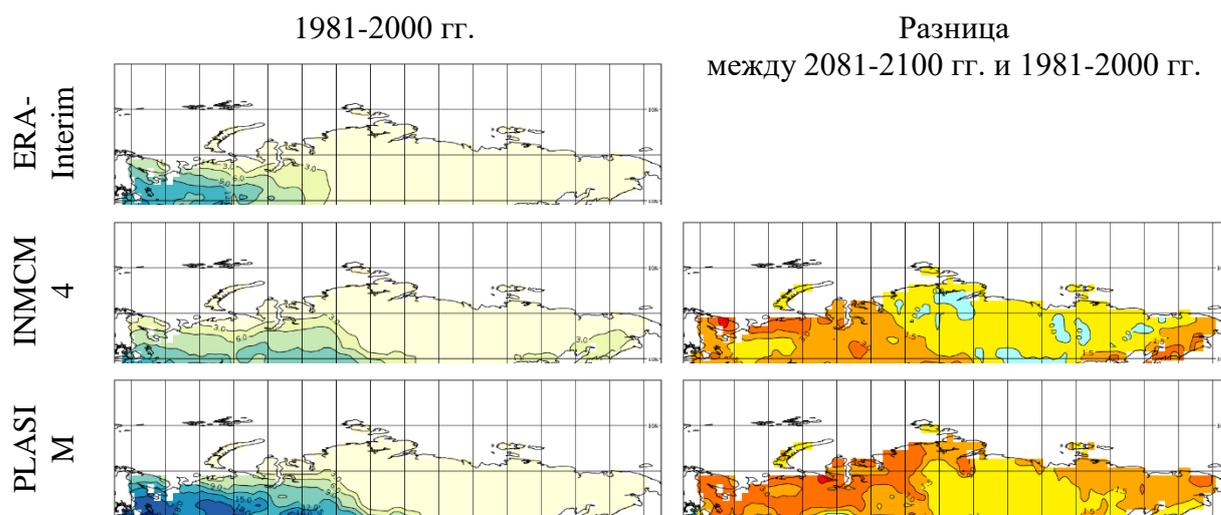


Рисунок 42 — NPP для восточной зеленой круглогодичной лесной растительности для фонового климата ERA-Interim а), INMCM4 б), в) и PLASIM г), д) для конца 20 века а), б), г) и разница между концом 21 и 20 века в), д)

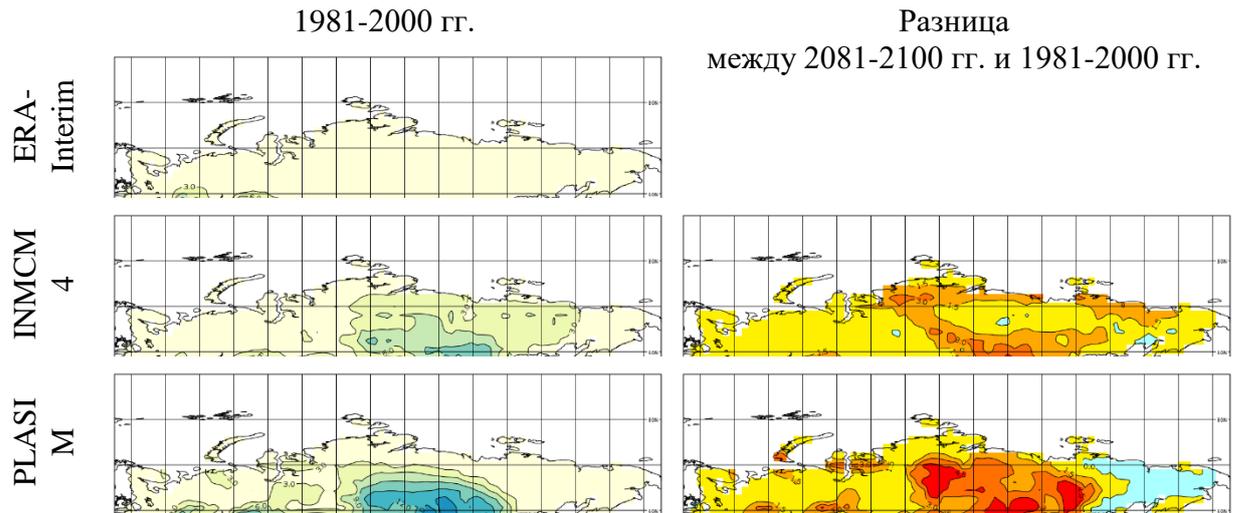


Рисунок 43 — Тоже, что Рисунок 42, но для внетропической листопадной лесной растительности

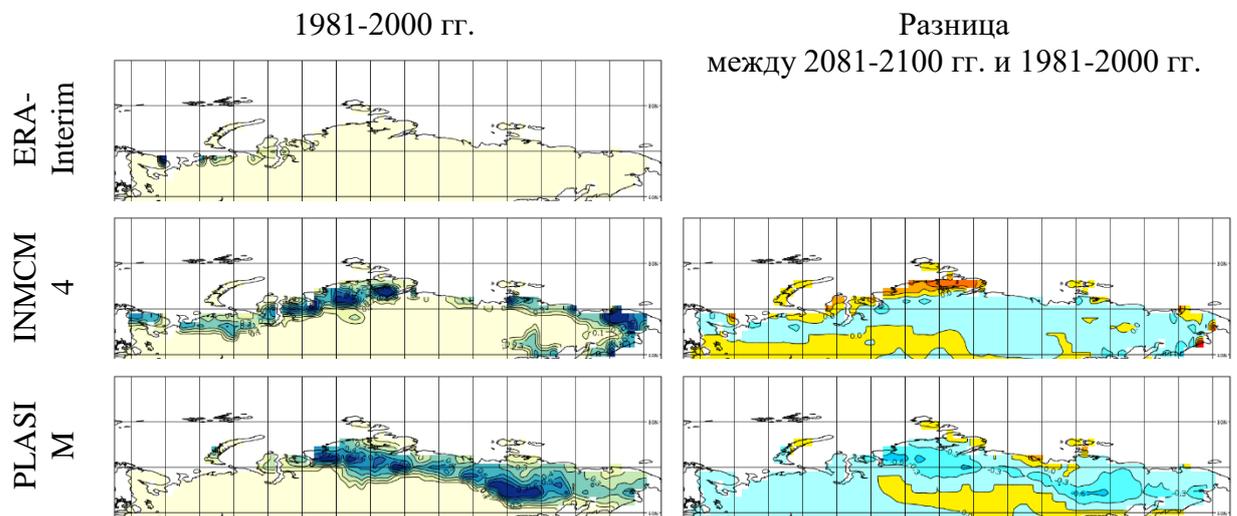


Рисунок 44 — Тоже, что Рисунок 42, но для листопадной кустарниковой растительности

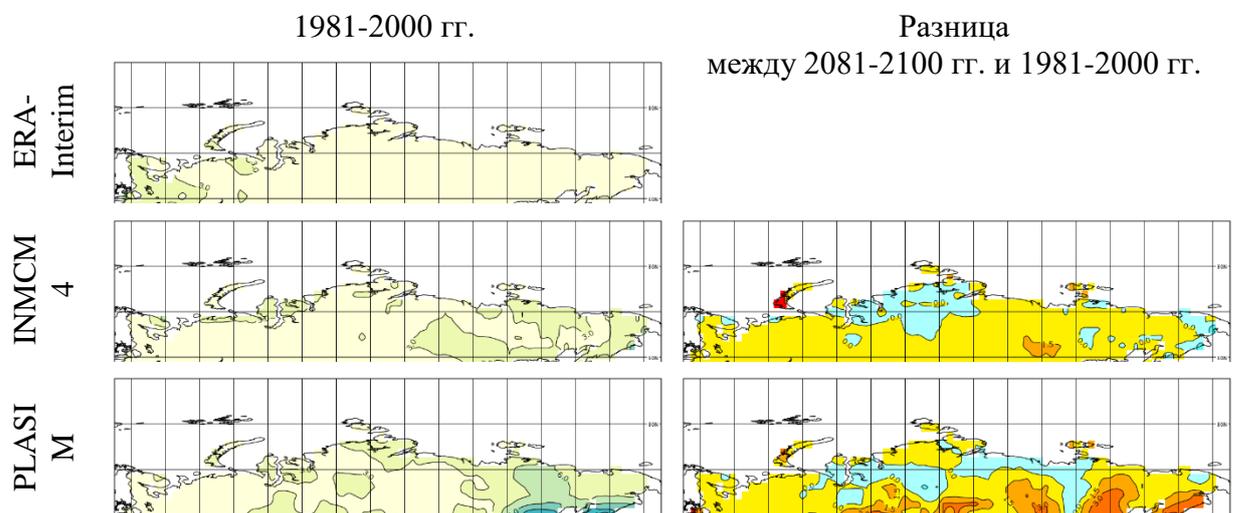


Рисунок 45 — Тоже, что Рисунок 42, но для травянистой растительности СЗ

Общий поток CO₂ в атмосферу (баланс)

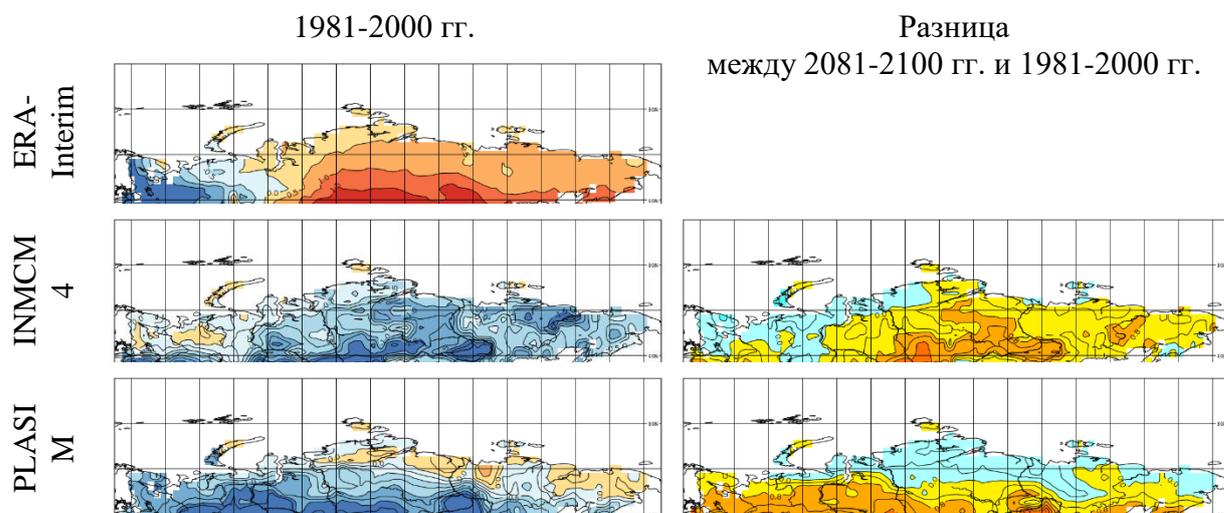


Рисунок 46 — Общий суммарный для всех растительных типов поток CO₂ в атмосферу (баланс) для климата ERA-Interim а), INMCM4 б), в) и PLASIM г), д) для конца 20 века а), б), г) и разница между концом 21 и 20 века в), д)

Полученные оценки характеристик растительности (фракция и ареалы произрастания, валовая и чистая первичная продукция, поток углекислого газа в атмосферу) для территории России демонстрируют широкий разброс значений в зависимости от устанавливаемых климатических условий.

Обобщая характер географического перераспределения рассматриваемых типов растительности, можно заключить, что на севере Сибири происходит вытеснение травянистой растительности СЗ лесными типами. Наименее чувствительными к задаваемым глобальным климатическим изменениям оказались листопадные кустарники. Этот тип продемонстрировал слабый отклик как в плане изменения ареала произрастания, так и в плане изменения уровня поглощения CO₂. Внетропическая лесная растительность (как зеленая круглый год, так и зеленая только летом) проявила высокую чувствительность к климатическим изменениям. В заданных условиях произошло не только существенное расширение ареала произрастания этого растительного типа, но и существенное увеличение уровня поглощения CO₂ из атмосферы на всей площади, где располагается этот тип. Необходимо отметить, что полученные результаты отличаются от некоторых результатов моделирования ареалов лесных экосистем в различных климатических условиях, полученных другими исследователями, однако, учитывая неопределенность присущую климатическим моделям, в общем, и моделям растительности, в частности, они представляются вполне реалистичными.

Общее увеличение количества биомассы на севере России, спровоцированное задаваемым потеплением климата, привело к увеличению поглощения CO₂ из атмосферы. Однако ослабление суммарного поглощения CO₂ на юге Западной Сибири у государственных границ территории и в центральной части Восточной Сибири предположительно может указывать на изменение поглощающих свойств рассматриваемых растительных типов вследствие задаваемых климатических изменений.

Анализ всех полученных результатов показал, что к концу 21-го века в условиях задаваемых интенсивных климатических изменений (а именно потепления климата согласно климатическому сценарию RCP 8.5) в целом суммарно на территории России происходит рост интенсивности поглощения углекислого газа из атмосферы. Однако полученные темпы роста интенсивности поглощения существенно ниже задаваемых сценарием темпов роста концентрации углекислого газа в атмосфере, вследствие чего происходит уменьшение величины потока углекислого газа из атмосферы (уменьшение значения баланса).

Оценки, полученные с помощью модели деятельного слоя JSBACH, существенно превышают оценки, получаемые по официальным методикам для настоящего момента времени. Однако это не уменьшает ценности проведенных исследований. Полученные в ходе исследования результаты дают представление об интенсивности отклика характеристик деятельного слоя на климатические возмущения для территории России.

Все работы, запланированные в рамках данной темы, выполнены в полной мере.

По результатам исследования представлены доклады на Международных и Российских конференциях, а также по материалам исследования опубликовано две статьи в издании, индексируемом в Scopus и Web of Science.

Календарный план выполнен.

1.3.4 Исследования в области прикладной климатологии.

Научно-методическое обеспечение развития системы климатического обслуживания в Российской Федерации

Наименование и индекс темы. 1.3.4.3. Создание электронных климатических справочников для специализированного адресного обслуживания пользователей на региональных и отраслевых уровнях с использованием информационных технологий на базе СУБД-, ГИС-, WEB-технологий.

Ожидаемый результат по теме. Специализированные электронные климатические информационные продукты для различных отраслей экономики и регионов России. Технологии создания и представления специализированной климатической информации для адресного обслуживания пользователей.

Полученный результат

В рамках выполнения темы НИР 1.3.4.3. специалистами ФГБУ «СибНИГМИ» была разработана автоматизированная технология выборки из телеграмм кода КН-19 Декада и КЛИМАТ и обновления ранжированного ряда экстремально теплых (холодных), сухих (влажных) лет, лет минимального и максимального давления на уровне моря (на уровне станции) в декадном и месячном разрешении по 75 станциям ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Техническим заданием была поставлена задача о создании автоматизированных технологий формирования и ведения электронных климатических продуктов для специализированного обслуживания потребителей на территории Новосибирской, Томской, Кемеровской областей, Алтайского края и Республики Алтай. Созданы базы данных ранжированных рядов экстремальных значений метеорологических элементов и WEB-интерфейс для доступа к этой информации в табличном виде с возможностью фильтрации запросов по средствам веб-форм.

Исходными данными для формирования электронной базы данных ранжированных рядов экстремальных значений послужили многолетние ряды наблюдения по 75 станциям: среднемесячная (среднедекадная) температура воздуха, среднемесячное (среднедекадное) давление воздуха на уровне моря и на уровне станции, сумма осадков за месяц (декаду). Начальные базы созданы климатологами отдела климата Гидрометцентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Технология реализована на языке программирования Python3, в качестве базы данных используется MySQLServer 5.5. WEB-приложение работает в виртуальной среде KVM.

Возможности автоматизированной технологии.

WEB-интерфейс технологии формирования ранжированных рядов позволяет пользователю получить доступ к формируемым массивам данных, в том числе, получить выборки данных для конкретных временных периодов и параметров по станциям, поступившими в коде КН-19 Декада и КЛИМАТ. По каждой станции пользователь может запросить первые пять мест в ранжированном ряду самых теплых (холодных), самых влажных (сухих) лет, а также лет с самым низким (высоким) давлением на уровне моря и на уровне станции.

Просмотр таблицы с обновленными данными в декадном и месячном разрешении возможен по 75 станциям территории ответственности ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», как единым списком для всех станций, так и отдельно по станциям территорий Кемеровской, Новосибирской, Томской областей, Алтайского края и Республики Алтай. Автоматизированная технология формирования ранжированных рядов позволяет

просматривать информацию не только за текущий период, но и за предыдущие месяцы двух лет (текущего года и предыдущего).

Технология формирования ранжированных рядов осуществляет выборку данных из телеграмм в коде КН-19 Декада и КЛИМАТ, поступивших в автоматизированную систему передачи данных (АСПД) ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Декодированные результаты хранятся в базе данных. При запросе к веб-интерфейсу по адресу после авторизации имени **guest** и пароля **123** осуществляется анализ текущей таблицы ранжированных рядов и сохраненных оперативных данных для соответствующих дат и станций. Производится сравнение для каждой станции ранжированных рядов самых теплых (холодных), сухих (влажных) лет и лет с самым низким (высоким) давлением на уровне моря и на уровне станции. Те станции, на которых оперативное значение температуры воздуха, осадков или давления, попадают в пятилетний ранжированный ряд – в таблице выделяются цветом: голубым, желтым, зеленым.

Назначение элементов панели инструментов выборки

Функционально интерфейсавтоматизированной технологии разделен на две области (Рисунок 1):

- Панель инструментов выборки (1 - 7)
- Результат выборки (8-9)

1. «Территория» - ограничение выборки синоптических станций:

- при значении «**Все субъекты**» - выборка производится для всех станций Западно-Сибирское УГМС, содержащихся в базе данных;

- при выделении, какого – либо субъекта РФ (Новосибирская область, Томская область, Кемеровская область, Алтайский край, Республика Алтай) – выборка производится только для станций обозначенной территории.

2. «Станция» - ограничение выборки названием станции.

3. «Параметр» - определяет, для какого метеорологического элемента будет производиться выборка из базы данных: - средней температуры, осадков, давления на уровне станции, давление на уровне моря.

4 и 5. Год, Месяц – ограничение выборки по году и месяцу.

6. Период – определяет, за какой период требуется выборка данных: за месяц, 1, 2 или 3 декаду.

7. Отобразить. При выборе параметра «**Отобразить**», программа применяет все ограничения по выборке (1-6) и генерирует запрошенные данные в таблицу **8**.

8. «Ряды климатических значений» оформленные в виде таблицы с указанием территории и метеорологического элемента, по которым сделана выборка.

Таблица содержит столбцы, в которых указаны

- синоптический индекс станции;
- название пункта территориальной принадлежности станции;
- значение декады (месяца) и месяца выборки;
- значение метеорологического элемента (из телеграмм кода КН-19 Декада или КЛИМАТ) для выбранного периода;
- место, которое значение может занять в ранжированном ряду.

Таблицы с рядами климатических значений представлены в примерах на рисунках 47-50: рисунок 47 – средняя температура воздуха, рисунок 48 – осадки, рисунок 49- давление на уровне станции, рисунок 50 – давление на уровне моря.

The screenshot shows a web browser window with the URL `climate.sibnigmi.ru/rangedcl#`. The interface includes a search panel on the left and a results table on the right.

Search Panel (Left):

- 1. Территория: Все субъекты
- 2. Станция: (empty)
- 3. Параметр:
 - Средняя температура
 - Осадки
 - Давление на уровне станции
 - Давление на уровне моря
- 4. Год: 2019
- 5. Месяц: Ноябрь
- 6. Период: Месяц
- 7. Отобразить

Results Table (Right):

Ряды климатических значений 8
Все субъекты: Средняя температура

Индекс	Пункт	Дата	Знач-е	Место	
23955	АЛЕКСАНДРОВСКОЕ	мес. Ноябрь	-13.8	-	Подробнее 9
23966	ВАНЖИЛЬ-КЫНАК	мес. Ноябрь	-16.0	-	Подробнее
29023	НАПАС	мес. Ноябрь	-14.8	-	Подробнее
29111	СРЕДНИЙ ВАСЮГАН	мес. Ноябрь	-12.6	-	Подробнее
29122	КАРГАСОК	мес. Ноябрь	-13.4	-	Подробнее
29154	УСТЬ-ОЗЕРНОЕ	мес. Ноябрь	-14.5	-	Подробнее
29209	МАЙСК	мес. Ноябрь	-11.1	-	Подробнее
29231	КОЛПАШЕВО	мес. Ноябрь	-13.2	-	Подробнее
29247	БАТУРИНО	мес. Ноябрь	-12.8	-	Подробнее

Рисунок 47 - Вид интерфейса автоматизированной технологии формирования рядов средней температуры воздуха за ноябрь 2019 года

The screenshot shows the same website interface but with different search criteria.

Search Panel (Left):

- Территория: Кемеровская область
- Станция: (empty)
- 3. Параметр:
 - Средняя температура
 - Осадки
 - Давление на уровне станции
 - Давление на уровне моря
- 4. Год: 2019
- 5. Месяц: Ноябрь
- 6. Период: 2 дек
- Отобразить

Results Table (Right):

Ряды климатических значений
Кемеровская область: Осадки

Индекс	Пункт	Дата	Знач-е	Место	
29541	ТАЙГА	2 дек. Ноябрь	17.0	-	Подробнее
29551	МАРИИНСК	2 дек. Ноябрь	11.0	-	Подробнее
29557	ТИСУЛЬ	2 дек. Ноябрь	6.0	-	Подробнее
29645	КЕМЕРОВО(НОВОСТРОЙКА)	2 дек. Ноябрь	15.0	-	Подробнее
29741	КРАСНОЕ	2 дек. Ноябрь	8.0	-	Подробнее
29745	БЕЛОВО	2 дек. Ноябрь	15.0	-	Подробнее
29749	КИСЕЛЕВСК	2 дек. Ноябрь	22.0	-	Подробнее
29849	КУЗЕДЕЕВО	2 дек. Ноябрь	57.0	-	Подробнее

Рисунок 48 - Вид интерфейса автоматизированной технологии формирования рядов осадков по Кемеровской области за 2-ю декаду ноября 2019 года

Ряды климатических значений
Все субъекты: Давление на уровне станции

Индекс	Пункт	Дата	Знач-е	Место	
29838	БАРНАУЛ	3 дек. Ноябрь	1012.1	-	Подробнее

Рисунок 49 - Вид интерфейса автоматизированной технологии формирования рядов давления на уровне станции по ст. Барнаул за 3-ю декаду ноября 2019 года

Ряды климатических значений
Все субъекты: Давление на уровне моря

29838	БАРНАУЛ	3 дек. Ноябрь	1037.0	-	Подробнее
29848	ТОГУЛ	3 дек. Ноябрь	1038.3	-	Подробнее
29849	КУЗДЕЕВО	3 дек. Ноябрь	1038.7	-	Подробнее
29854	МЕЖДУРЕЧЕНСК	3 дек. Ноябрь	1039.5	-	Подробнее
29915	СЛАВГОРОД	3 дек. Ноябрь	1035.4	-	Подробнее
29937	АЛЕЙСКАЯ	3 дек. Ноябрь	1037.9	-	Подробнее
29939	БИЙСК_ЗОНАЛЬНАЯ	3 дек. Ноябрь	1038.6	-	Подробнее
29955	УСТЬ-КАБЫРЗА	3 дек. Ноябрь	1040.6	-	Подробнее

Рисунок 50 - Вид интерфейса автоматизированной технологии формирования рядов давления на уровне моря за 3-ю декаду ноября 2019 года

Технология расчета

При формировании списка климатических значений производится предварительный анализ вхождения значения по температуре воздуха - в теплый или холодный ряд, по осадкам в - сухой или влажный ряд, по давлению – в ряд с низким или высоким давлением.

В случае вероятного вхождения оперативных данных из кода КН-19 Декада, КЛИМАТ в выделенный пятилетний ранжированный ряд строка станции подсвечивается:

- **желтым:** для теплых лет - по температуре воздуха, сухих лет - по осадкам, лет с низким давлением воздуха (на уровне станции, на уровне моря);

- **голубым:** для холодных лет – по температуре воздуха, влажных-лет по осадкам, лет с высоким давлением воздуха (на уровне станции, на уровне моря);

- **зеленым** - при повторении одного из значений метеорологического элемента в пятерке ранжированного ряда самых теплых (холодных), самых сухих (влажных) лет и лет с самым низким (высоким) давлением.

Белый цвет строки станции означает, что данные (давление, температура, осадки), поступившие в телеграммах кода КН-19 Декада, КЛИМАТ, не входит в пятерку ранжированных рядов.

Цветовая схема выделения выборки включает четыре цвета и два состояния насыщенности цвета:

- **желтый цвет:** вхождение (при полупрозрачном выделении - вероятное вхождение) в пятерку теплых, сухих лет, лет с низким давлением;

- **голубой цвет:** вхождение (при полупрозрачном выделении - вероятное вхождение) в пятерку холодных, влажных лет, лет с высоким давлением;

- **полупрозрачный цвет** означает, что значение еще не утверждено, примеры таблиц на рисунках 1-4;

- **насыщенный цвет** означает, что значение утверждено специалистом, пример таблицы на рисунке 5.

Значение в графе «Место» появляется при выполнении двух условий:

- значение проверено и утверждено климатологом;

- значение попало в первые 5 мест ранжированного ряда (рисунок 51).

Идентификатор	Название	Период	Значение	Ранг	Действие
29418	СЕВЕРНОЕ	1 дек. Февраль	-31.0	1	Подробнее
29430	ТОМСК	1 дек. Февраль	-31.5	1	Подробнее
29500	УСТЬ-ТАРКА	1 дек. Февраль	-31.1	1	Подробнее
29508	ВЕНГЕРОВО	1 дек. Февраль	-30.4	1	Подробнее
29524	КРЕЩЕНКА	1 дек. Февраль	-31.3	1	Подробнее
29539	БОЛОТНОЕ	1 дек. Февраль	-31.5	1	Подробнее
29541	ТАЙГА	1 дек. Февраль	-32.2	1	Подробнее
29551	МАРИНСК	1 дек. Февраль	-32.3	1	Подробнее
29557	ТИСУЛЬ	1 дек. Февраль	-33.7	1	Подробнее

Рисунок 51 - Средняя температура воздуха из телеграмм кода КН-19 за первую декаду февраля 2019 года с установленным местом в пятилетнем ранжированном ряду

9. «Подробнее» - при нажатии этой кнопки для соответствующей станции и периода появляется панель с подробной информацией первых 5 мест ранжированных рядов: теплого (холодного), сухого (влажного) ряда лет и лет с низким (высоким) давлением. В случае попадания текущего значения в один из рядов, строка выделяется соответствующим цветом, значение и год выделяются жирным шрифтом.

На рисунке 52 приведен пример подробной информации о ранжированном ряду средней температуры воздуха в первой декаде февраля на станции Томск. Температура воздуха минус 31,5 °С в первой декаде февраля 2019 года наблюдалась впервые за весь ряд

наблюдения на станции Томск, потеснив температуры: минус 30,8 °С (1985 г.), минус 29,8 °С (1931 г.), минус 29,4 °С (1886 г.) и минус 28,6 °С (1957 г.) соответственно на 2, 3, 4, 5 место в ранжированном ряду.

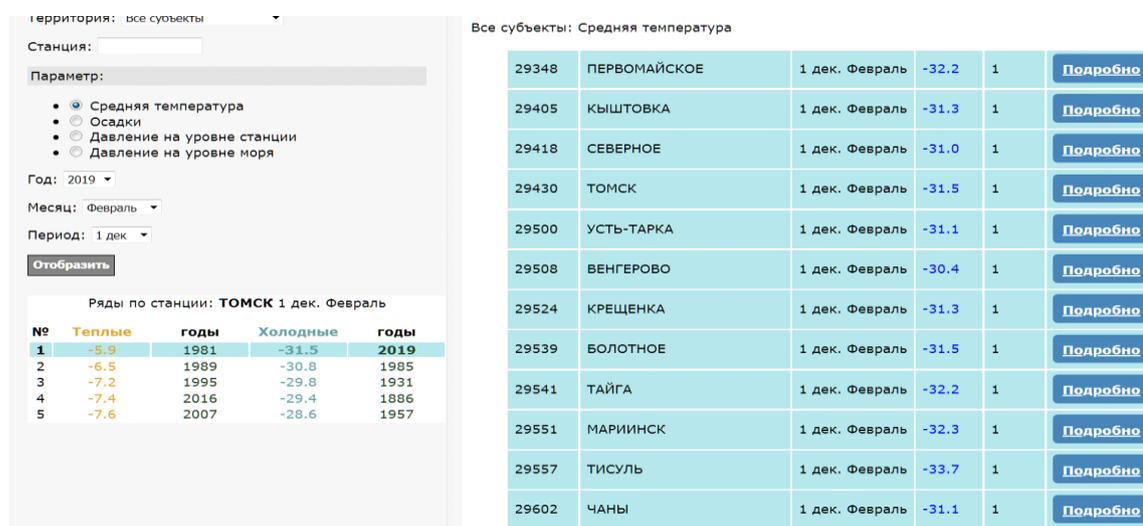


Рисунок 52 - Ранжированный пятилетний ряд средней температуры воздуха за первую декаду февраля 2019 года по станции Томск

Учитывая, что в оперативных телеграммах, поступающих в коде КН-19 Декада, КЛИМАТ могут быть ошибки, то в электронной многолетней базе ранжированных рядов (давления, температуры воздуха, количества осадков) данные сохраняются только после их сверки с проверенной режимной информацией, поступившей из отдела метеорологии. Проверка и редакция давления, температуры воздуха, осадков в декадном и месячном разрешении осуществляется специалистами отдела климата Гидрометцентра по отдельному коду доступа и паролю. После контроля или редакции значения метеорологического элемента, если по какой либо станции оно попадает в ранжированный пятилетний ряд, то строка выделяется не только в цвете, но и появляется место: 1, 2, 3, 4, 5, которое значение метеорологического элемента занимает в ранжированном многолетнем ряду (р1.1.9.1исунки 51, 52).

Режимная информация к климатологам поступает из отдела метеорологии Гидрометцентра через два месяца после поступления информации в коде КН-19 Декада и КЛИМАТ, поэтому и появление места (1-5) в графе «Место» появляется спустя два месяца.

В результате сверки данных отобранных автоматизированной технологией для включения в ранжированные ряды с проверенными данными отделом метеорологии Гидрометцентра отмечено, что достоверность выборки автоматизированной технологией достигает в среднем 100 % по температуре и давлению воздуха, несколько ниже: 99 % для

влажных периодов и 81 % - для сухих. Причина более низкого процента (81 %) для сухих периодов связана с тем, что в телеграммах кода КН-19 Декада и КЛИМАТ количество осадков (мм) округляется до целых, а при обработке в режиме, окончательное количество осадков выдается с десятыми долями.

Решениями секции технического Совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» автоматизированная технология внедрена в работу оперативных подразделений Учреждения. В решениях отмечены новизна автоматизированной технологии, простота и удобство WEB-интерфейса автоматизированной технологии по выборке климатических рекордов и доступность к информации через интернет-ресурс любому пользователю. Автоматизированная технология, позволяющая осуществлять выборку данных из оперативных телеграмм и формировать климатические ряды с экстремальными значениями метеорологических элементов, была разработана впервые для ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Результаты выборки автоматизированной технологий были оценены климатологами. Работа по выборке необходимой и созданию климатических рядов по отдельным метеорологическим элементам полностью автоматизирована, что позволяет им быстро подготовить необходимые справки или дать консультации по запросу потребителей о повторяемости экстремальности температуры и давления воздуха, количества осадков, которые в последние годы нередко бьют все рекорды климата.

При подготовке декадных, месячных метеорологических, гидрологических и агрометеорологических обзоров специалисты могут более подробно описать прошедшие метеорологические условия, особенно при достижении ими критериев опасного явления.

Для пользователей разработаны и изданы Методические указания по использованию в оперативной работе подразделений ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» автоматизированной технологии выборки и выдачи ранжированных рядов экстремальных лет метеорологических элементов в декадном и месячном разрешении, поступающих в коде КН -19 Декада и КЛИМАТ.

Разработанная автоматизированная технология уникальна, позволяет распространение её и на другие регионы Западной и Восточной Сибири при наличии сформированных баз климатических данных по станциям УГМС этих территорий на электронных носителях.

Календарный план выполнен.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.4)

1.4.1. Развитие технологий оперативных оценок и прогнозирования загрязнения окружающей среды, обусловленного техногенными катастрофами и авариями и оперативного доведения информации об уровнях загрязнения.

Индекс и наименование темы. 1.4.1.4. Разработка технологии прогнозирования и выпуска предупреждений об НМУ и опасных уровнях загрязнения атмосферного воздуха с использованием мезомасштабных численных моделей атмосферы и химических транспортных моделей

Ожидаемый результат по теме.

Технология прогнозирования и выпуска предупреждений об НМУ и опасных уровнях загрязнения атмосферного воздуха с использованием мезомасштабных численных моделей атмосферы и химических транспортных моделей. Технология оценки результатов моделирования и сравнительная оценка результатов прогнозирования по моделям COSMO ART и WRF-CHEM в условиях физико-географической неоднородности территории Урало-Сибирского региона.

Полученный результат

Получены алгоритмы подготовки и преобразований данных, являющихся внешними и универсальными для мезомасштабных моделей - алгоритмы подготовки произвольных наборов эмиссий по геопривязанным данным, алгоритмы подготовки категорий землепользования и городской застройки для любого масштаба (и потенциально типа - квадратная ячейка, треугольная ячейка) горизонтального модельного домена. Изучены практические принципы построения и использования вложенных сеток.

Разработаны и описаны технологии прогнозирования и оценки результатов прогнозирования, представлены результаты сравнения метеорологического и химико-транспортного блоков моделей COSMO и WRF, которые являются примером расчетных значений разработанной технологии оценки результатов моделирования и сравнительной оценки результатов прогнозирования по моделям COSMO ART и WRF-CHEM в условиях физико-географической неоднородности территории Урало-Сибирского региона.

СибНИГМИ предлагает метод подготовки внешних геопривязанных данных вне зависимости от разрешения горизонтальной модельной сетки для определенной географической и геометрической конфигурации модельного домена.

В рамках настоящей работы была создана технология расчетов загрязнения атмосферного воздуха на базе гидродинамической модели WRF с химико-транспортным модулем в условиях физико-географической неоднородности городской среды.

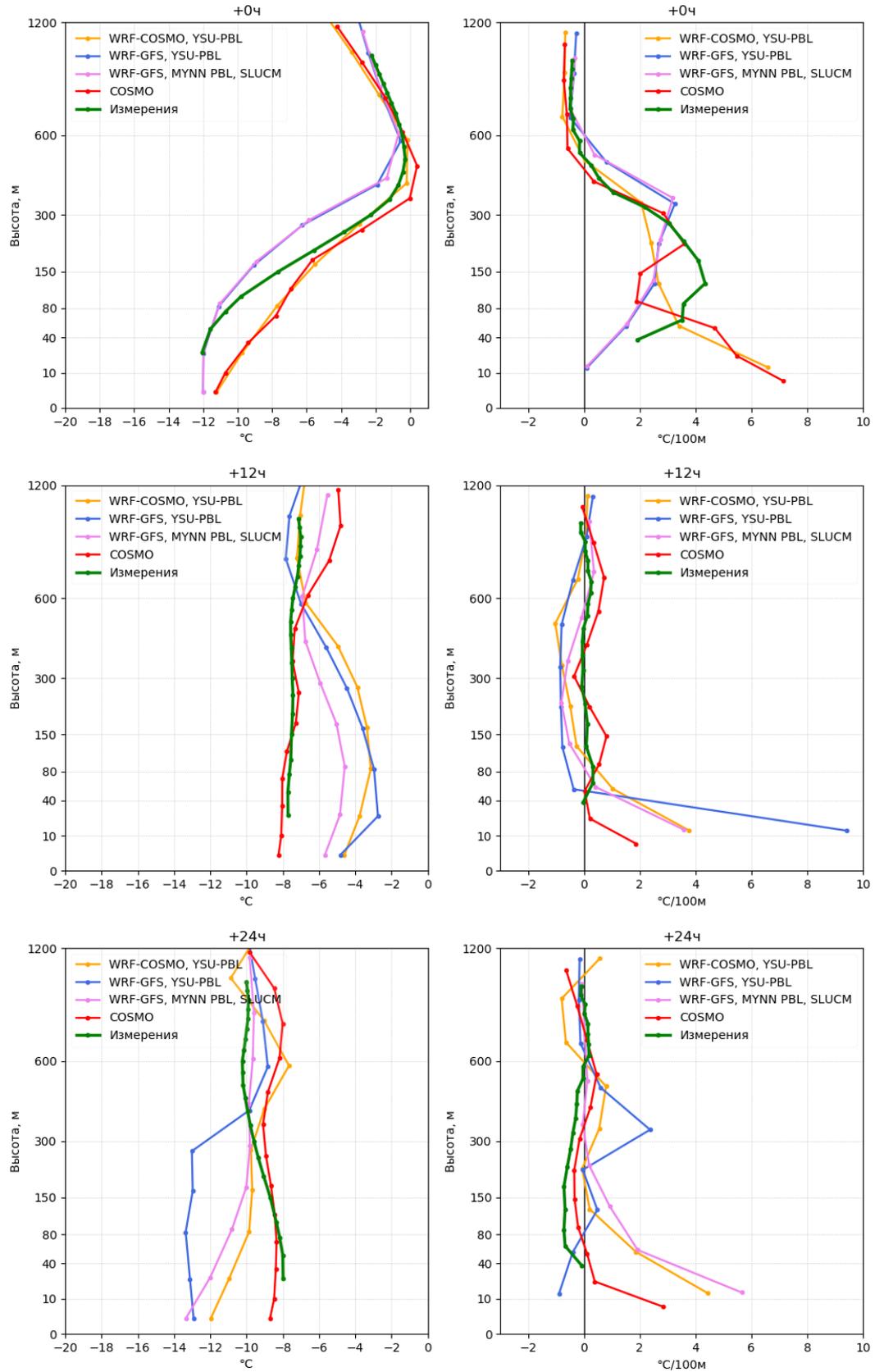
Модель WRF является удобным инструментом анализа и проведения научно-исследовательских поисковых работ. Так, с использованием WRF были получены алгоритмы подготовки и преобразований данных, являющихся внешними и универсальными для мезомасштабных моделей - алгоритмы подготовки произвольных наборов эмиссий по геопривязанным данным, алгоритмы подготовки категорий землепользования и городской застройки для любого масштаба (и потенциально типа - квадратная ячейка, треугольная ячейка) горизонтального модельного домена. Изучены практические принципы построения и использования вложенных сеток. Полученные результаты не противоречат и совместимы со стеком технологий подготовки данных для COSMO (ICON-LAM).

Разработаны и описаны технологии прогнозирования и оценки результатов прогнозирования в соответствии с утвержденным техническим заданием выполняемой НИР.

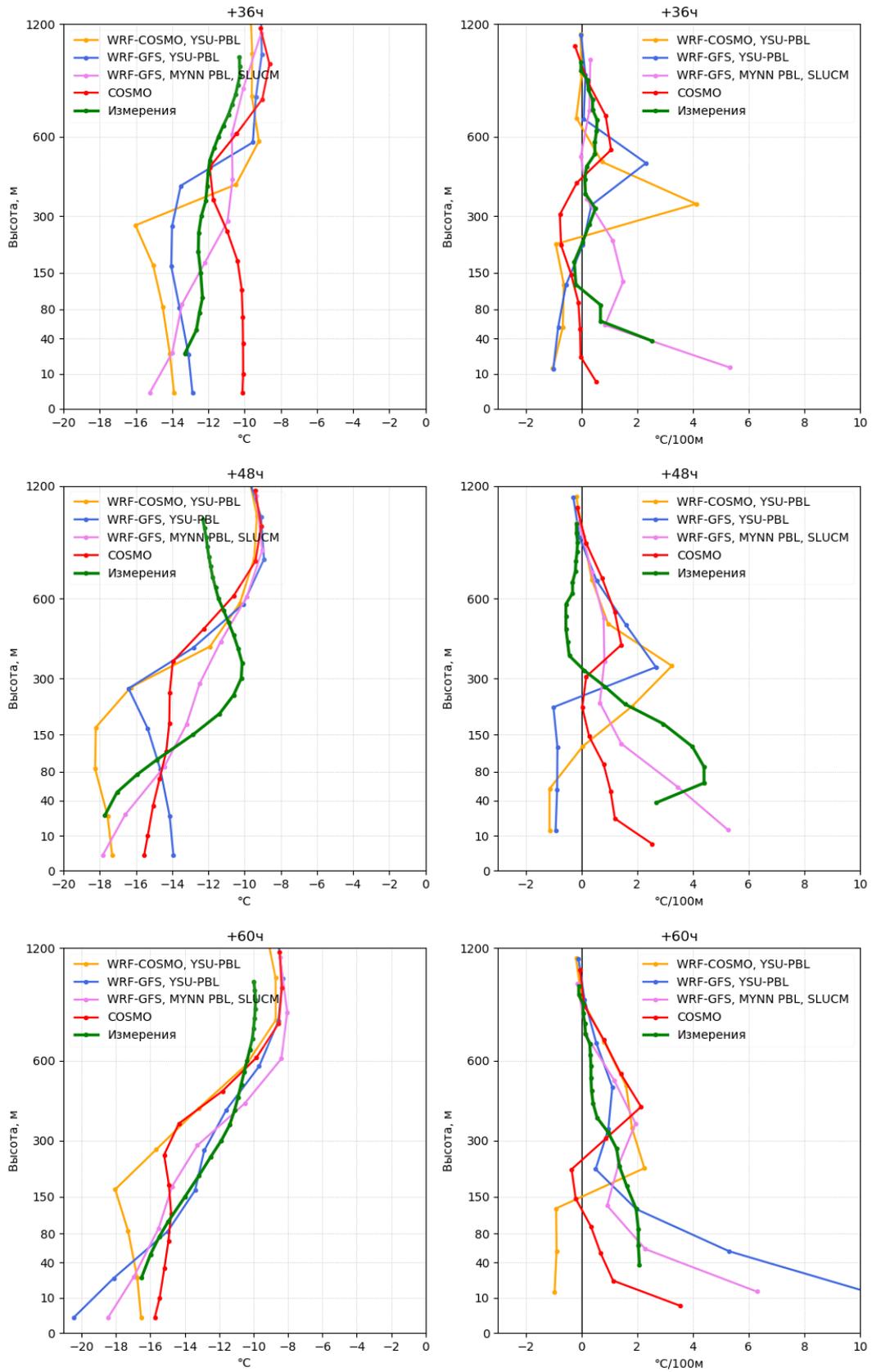
Выполнены модельные оценки устойчивости приземного и пограничного слоев атмосферы. Приведен анализ полученных результатов.

Вертикальные градиенты температуры в атмосфере на 2-3 порядка превышают характерные горизонтальные градиенты даже в зонах атмосферных фронтов. Временная изменчивость вертикальных градиентов кроме синоптических процессов также сильно зависит от суточного хода, близости и состояния подстилающей поверхности. В целом эти факторы определяют специфические сложности для модельного прогнозирования и верификации устойчивости приземного и пограничного слоев атмосферы.

Толмачево. Сравнение модельных температур и градиентов с измерениями МТП-5.
 Модельные расчеты от 2019-01-15 00 ВСВ до +60ч



Толмачево. Сравнение модельных температур и градиентов с измерениями МТП-5.
Модельные расчеты от 2019-01-15 00 ВСВ до +60ч



А) Толмачево (55.01 с.ш. 82.65 в.д.). Данные измерений МТП-5 за февраль 2019, срок 00

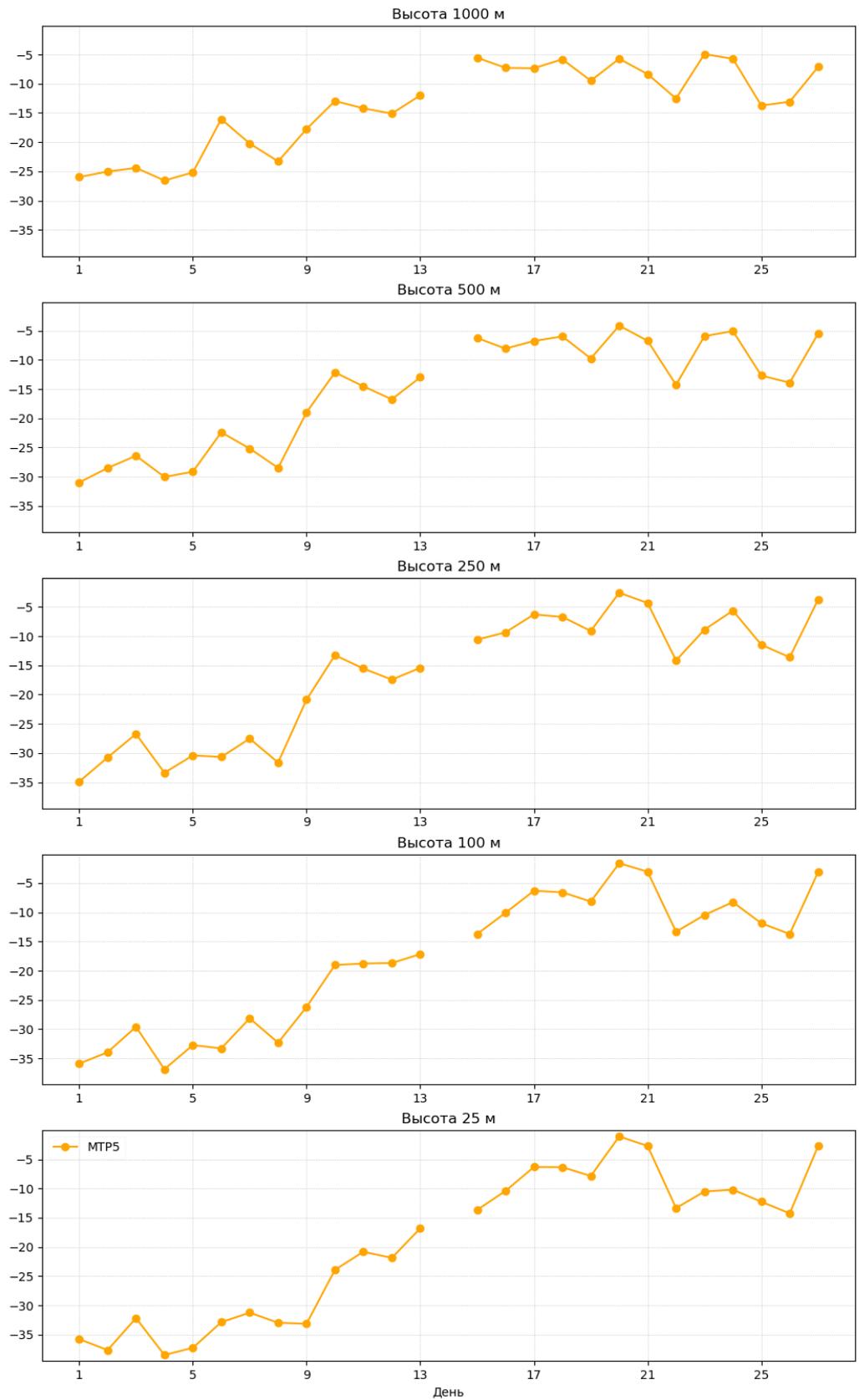
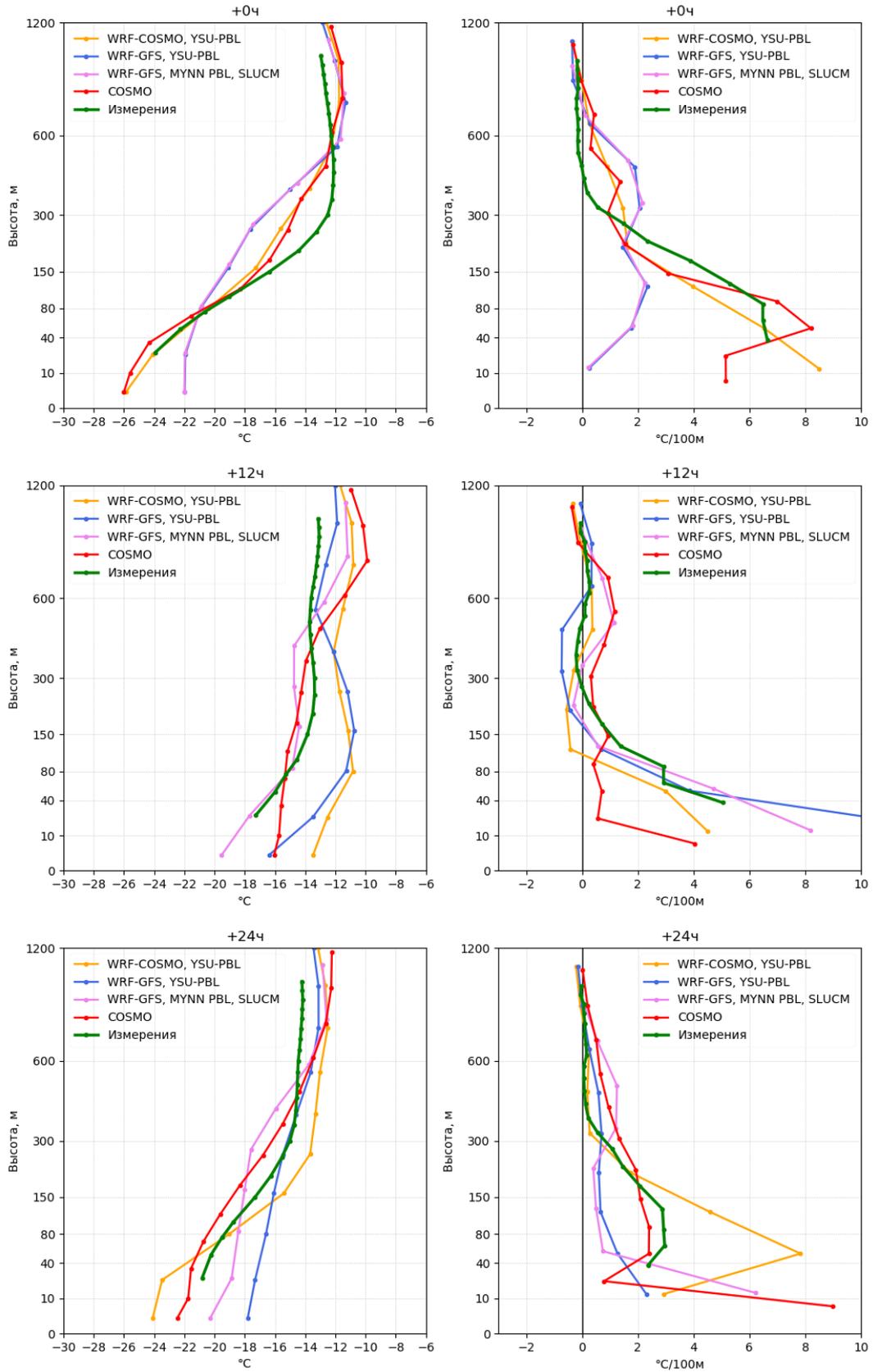


Рисунок 53 -Пример сравнения вертикальных профилей температур и градиентов для расчета от 2019-01-15.

Месячный ход температуры по данным МТП-5 по высотам, февраль 2019 г.

Толмачево. Сравнение модельных температур и градиентов с измерениями МТП-5.
Модельные расчеты от 2019-02-10 00 ВСВ до +60ч



Толмачево. Сравнение модельных температур и градиентов с измерениями МТП-5.
Модельные расчеты от 2019-02-10 00 ВСВ до +60ч

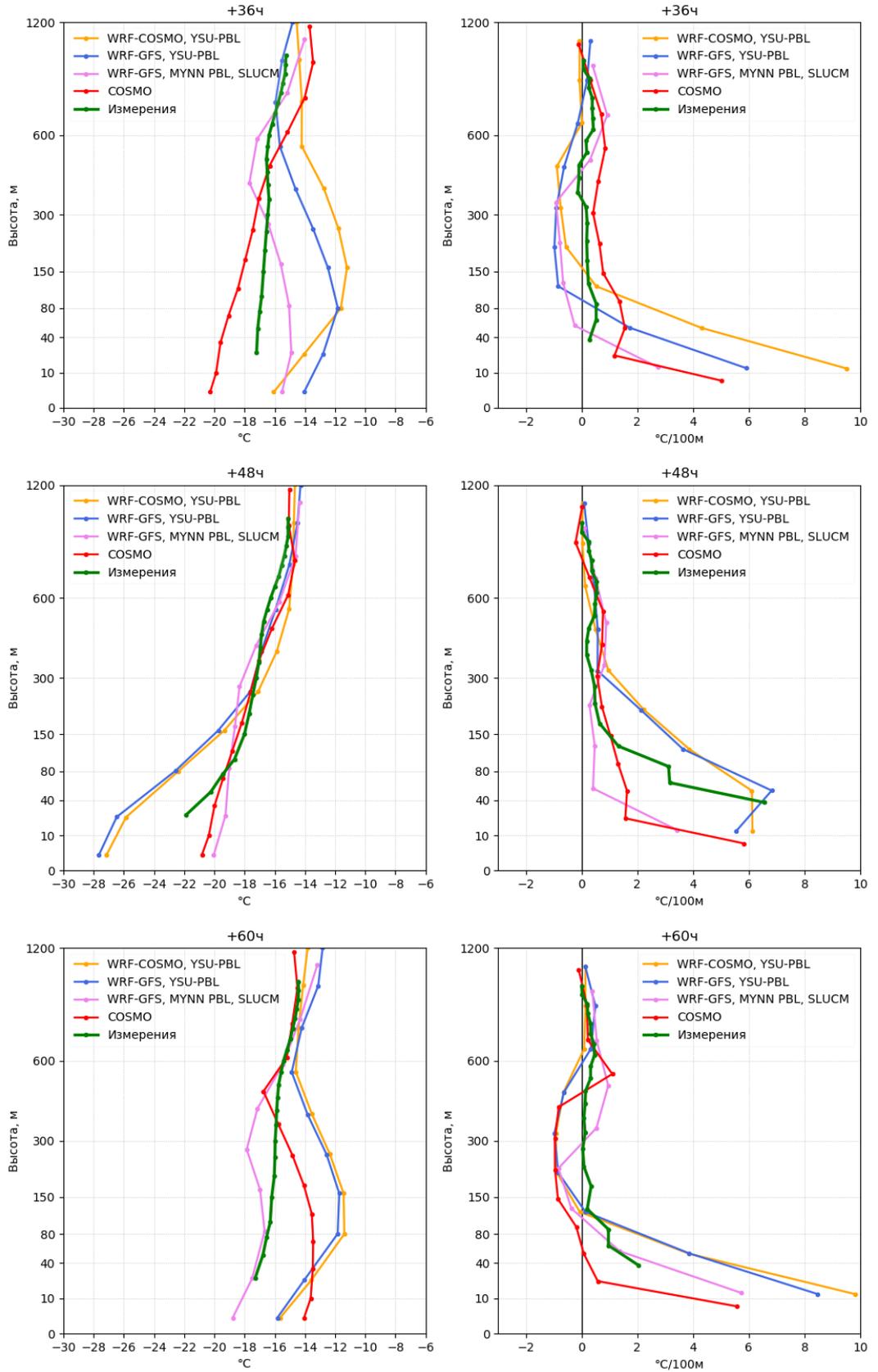
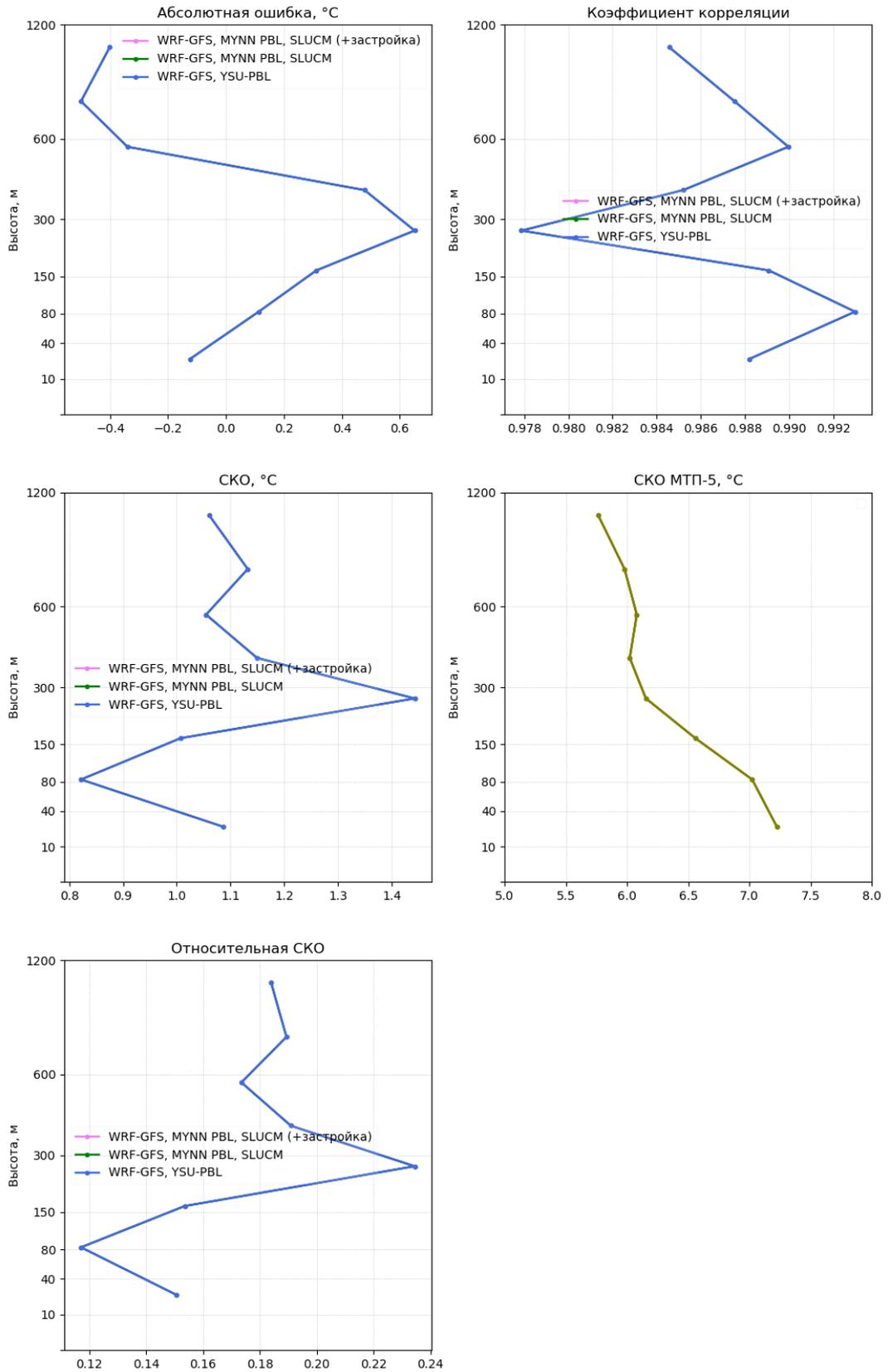


Рисунок 54 - Пример сравнения вертикальных профилей температур и градиентов для расчета от 2019-02-10

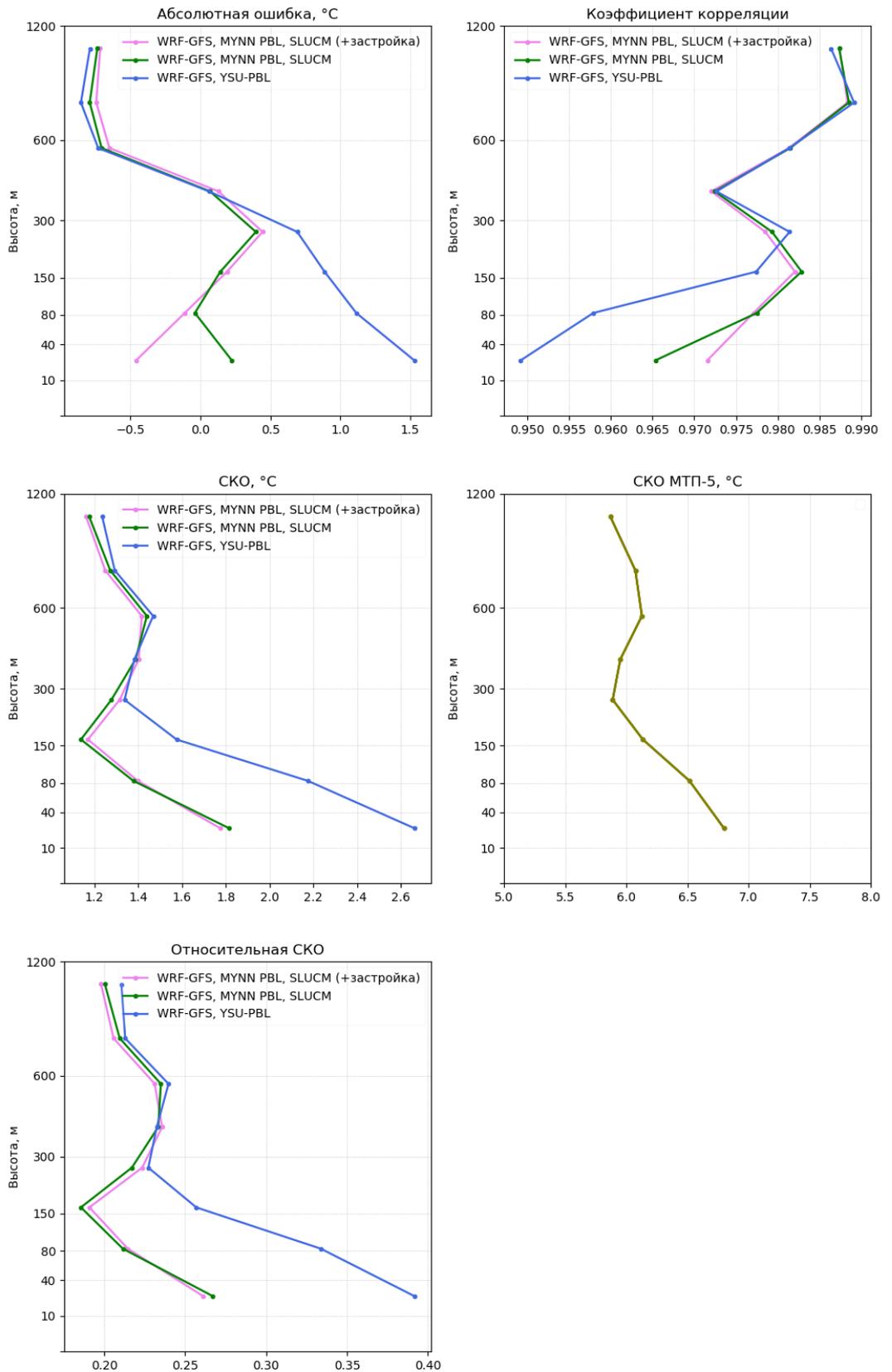
а)

WRF +00ч, Толмачево (55.01 с.ш. 82.65 в.д.).
Сравнение модельных температур с измерениями МТП-5 для 1-28 января 2019



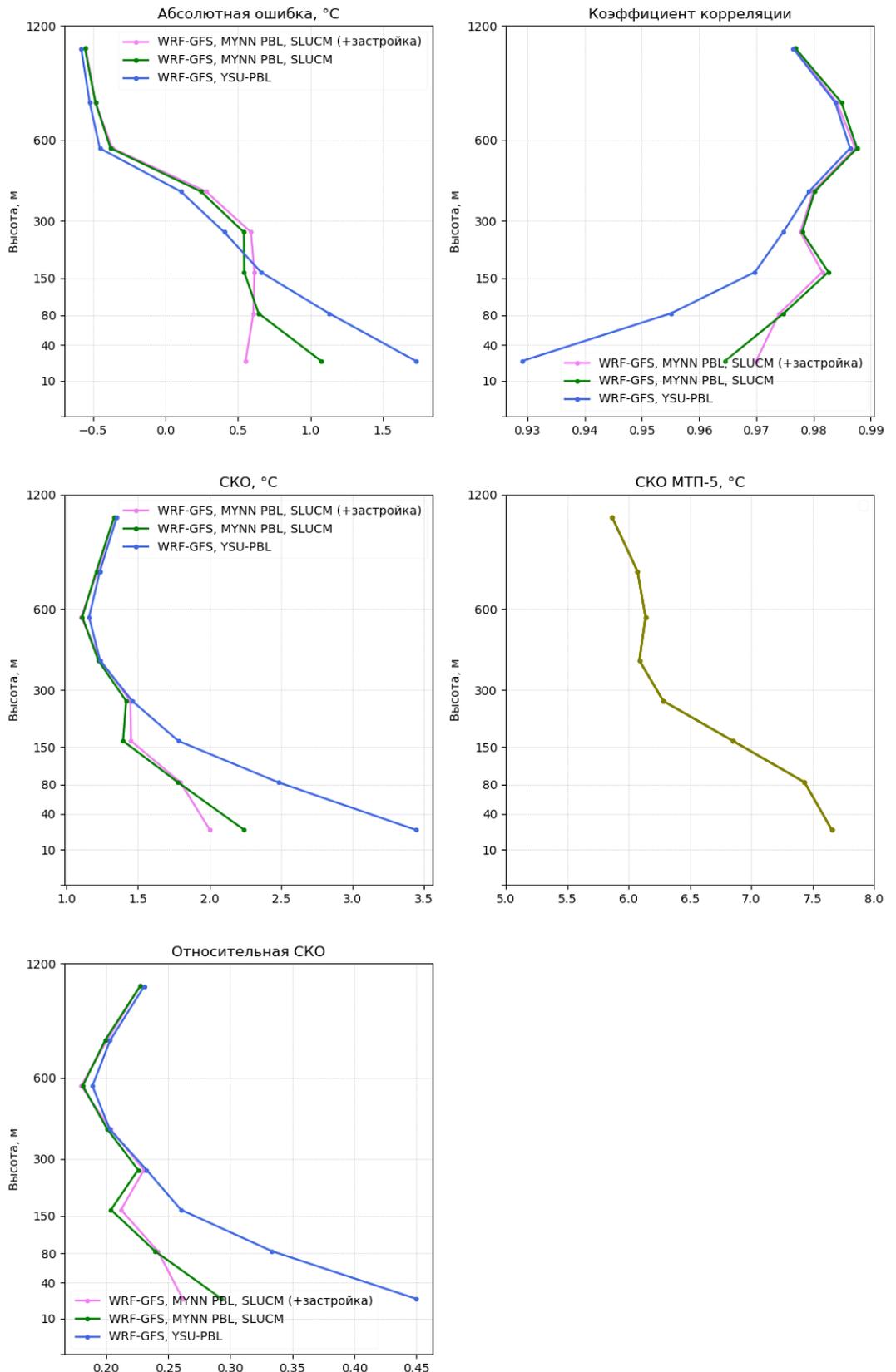
б)

WRF +12ч, Толмачево (55.01 с.ш. 82.65 в.д.).
Сравнение модельных температур с измерениями МТП-5 для 1-28 января 2019



В)

WRF +24ч, Толмачево (55.01 с.ш. 82.65 в.д.).
Сравнение модельных температур с измерениями МТП-5 для 1-28 января 2019



Г)

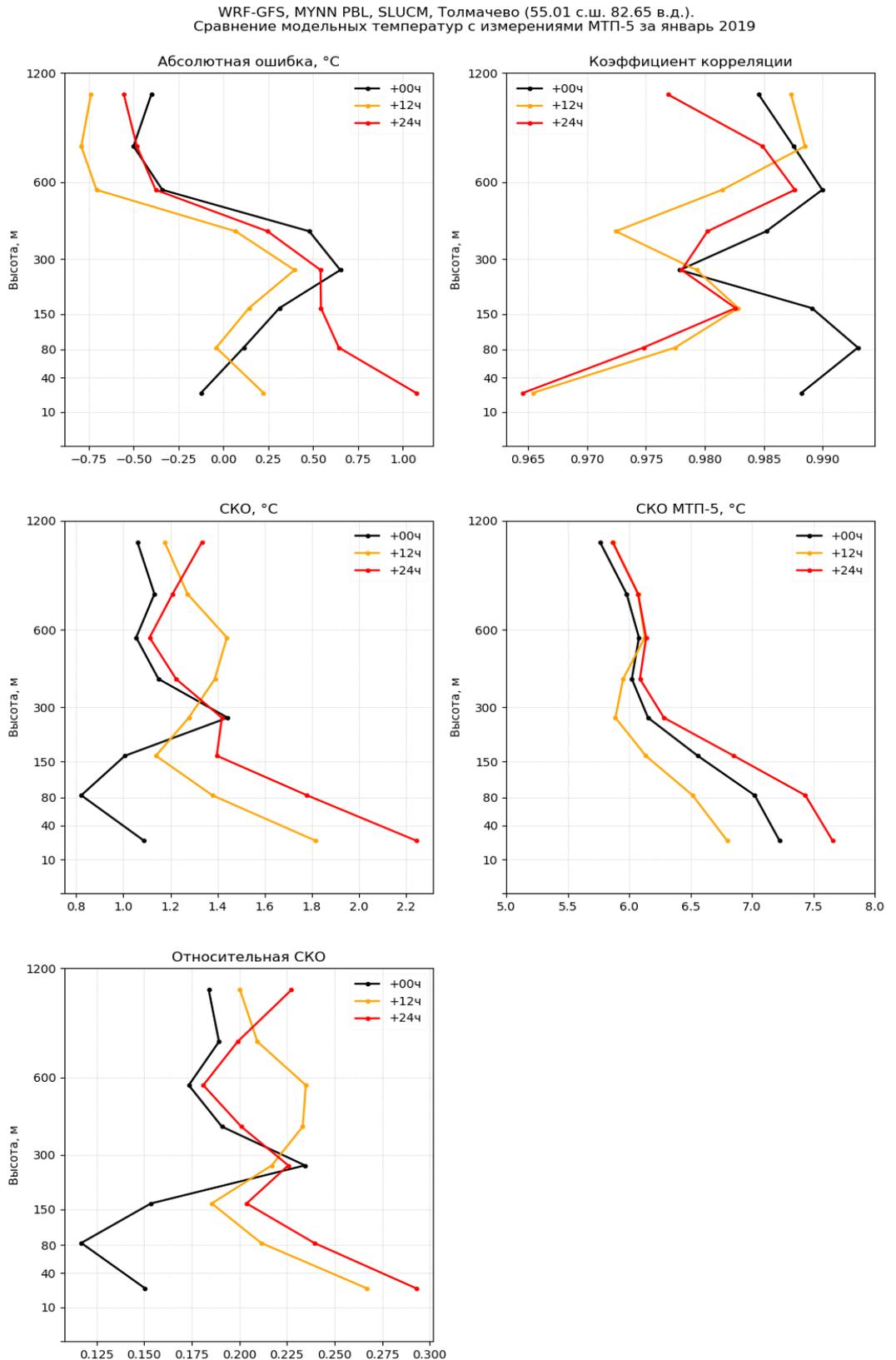


Рисунок 55 - Сравнительные оценки вертикального профиля температуры WRF (а,б,в - сравнение конфигураций, г - сравнение заблаговременностей) и МТП-5 для прогностических заблаговременностей +00, +12 и +24 часа. Модельные расчеты за январь 2019 г.

Предварительный анализ двух коротких серий моделирования и получения сравнительных графиков для оценки модельной воспроизводимости вертикальных профилей температуры и их прогноза (рисунки 54, 55) показал, что:

- повторение проверенными моделями форм вертикальных профилей температуры неустойчиво, особенно в нижних слоях;
- близость модельных профилей наблюдениям не обязательно снижается с увеличением заблаговременности прогноза;
- увеличение детальности анализа за счет использования вертикальных профилей градиентов температуры повышает чувствительность графического отклика, но задает больше вопросов, чем ответов по поведению моделей.
- в целом вертикальные профили градиентов менее гладкие, чем фактические, иногда значительно.

Использование стандартных регулярных аэрологических данных наблюдений (радиозонд) нивелирует вертикальный профиль в пограничном слое до двух-трех слоев с соответствующим снижением детальности. В этом случае весьма грубые оценки вертикальной устойчивости фактически сводятся к определению наличия инверсии, осредненной примерно по 400-500-метровым нижним слоям.

СибНИГМИ располагал набором данных для сравнительных оценок вертикального профиля температур модели WRF и данных измерений МТП-5 за январь 2019 года. Приведем анализ результатов выполненных оценок.

Выбранный для тестирования месячный период (январь 2019 г.) отличался высокой изменчивостью погоды с несколькими волнами тепла и холода классического синоптического масштаба. Месячная амплитуда колебаний температуры у земли превышала 20 градусов, включая 20-градусное понижение температуры с 11-12 января (рисунок 56 а). Модельное усвоение(+00h) в целом хорошо отслеживало месячный временной ряд МТР-5 во всем нижнем километровом слое, практически не ошибаясь в знаке тенденции.

В прогнозах на 12 и 24 часа, как показали расчеты, ошибки ожидаемо выросли, но на совпадении знаков тенденции это не отразилось. Лучшее согласование получено выше приземного слоя (100м). Увеличение ошибок внизу, очевидно, связано с более сложной термодинамикой морозных приземных инверсий. Подключение учета "застройки" подстилающей поверхности несколько уменьшило ошибки в самом нижнем слое.

Анализ статистики отклонений различных конфигураций WRF показывает меньшие ошибки в слое ниже 500 метров для параметризации пограничного слоя MYNN по сравнению с YSU для заблаговременностей +12 и +24 часа.

Осредненные по временным рядам каждого уровня статистики отклонений модели

WRF в конфигурации WRF-GFS, MYNN PBL, SLUCM от измерений МТР5 показывают, что (рисунок 55 г):

- смещение нуля (средняя абсолютная ошибка) минимально в среднем слое, а на верхних и особенно нижних уровнях возрастает с противоположными знаками. Но величина смещения практически не превышает паспортной погрешности МТР-5.

- значения коэффициентов корреляции достаточно высоки не только для усвоения, но и для прогнозов, что подтверждает выводы визуального анализа синхронных временных рядов модели и измерений (рисунок 56). Только ниже 40 м значения корреляции опускаются до 0.97-0.95.

- подобно коэффициенту корреляции среднеквадратические ошибки (СКО) показывают лучшее согласование выше приземного слоя (меньше 1.5 градусов) и возрастают для прогнозов у поверхности до 2.4 - 2.6 градусов.

- относительно измеренной временной изменчивости ошибки моделей выше 40 м не превышают 25% от СКО МТР-5, что весьма обнадеживает.

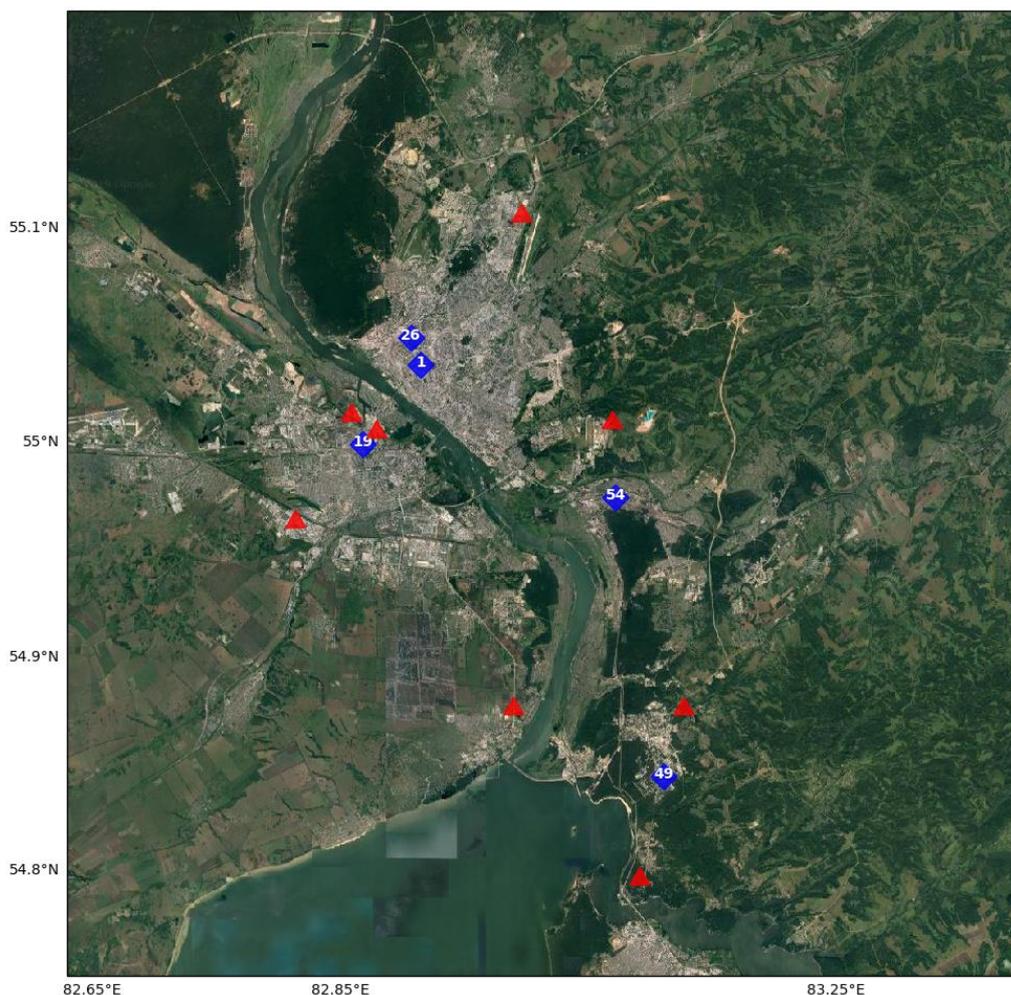
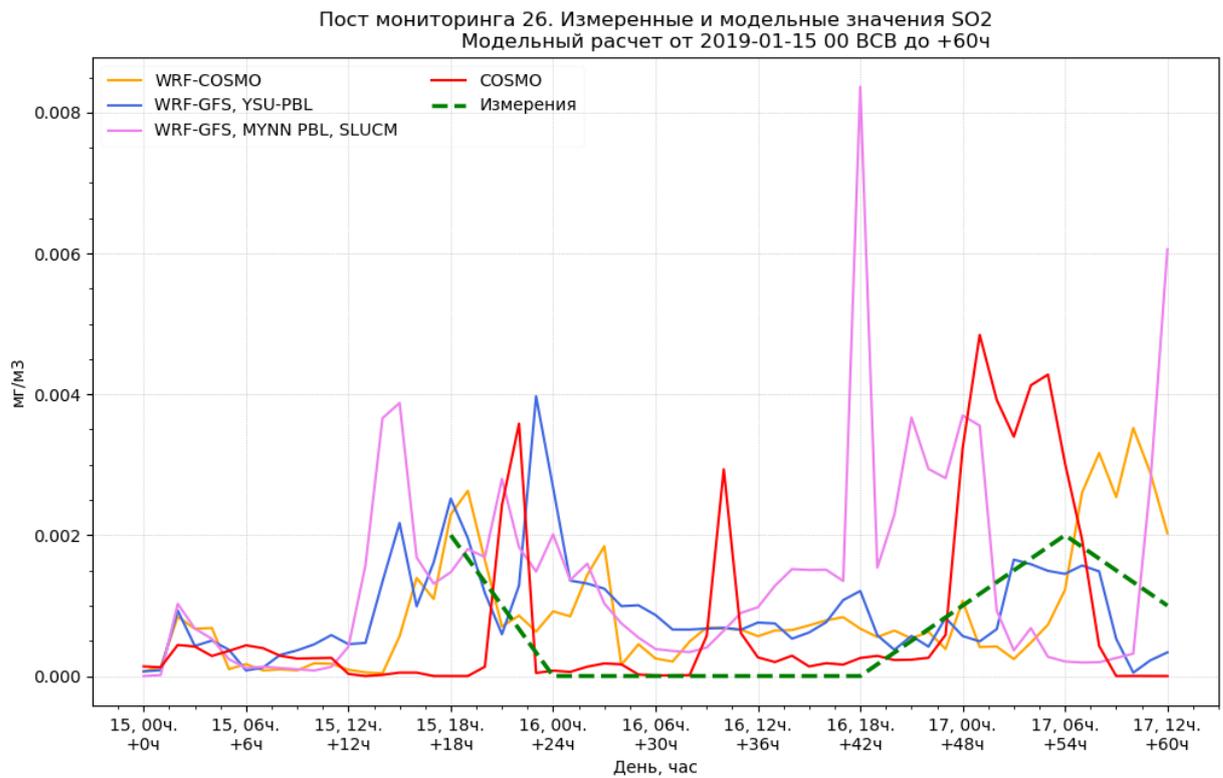
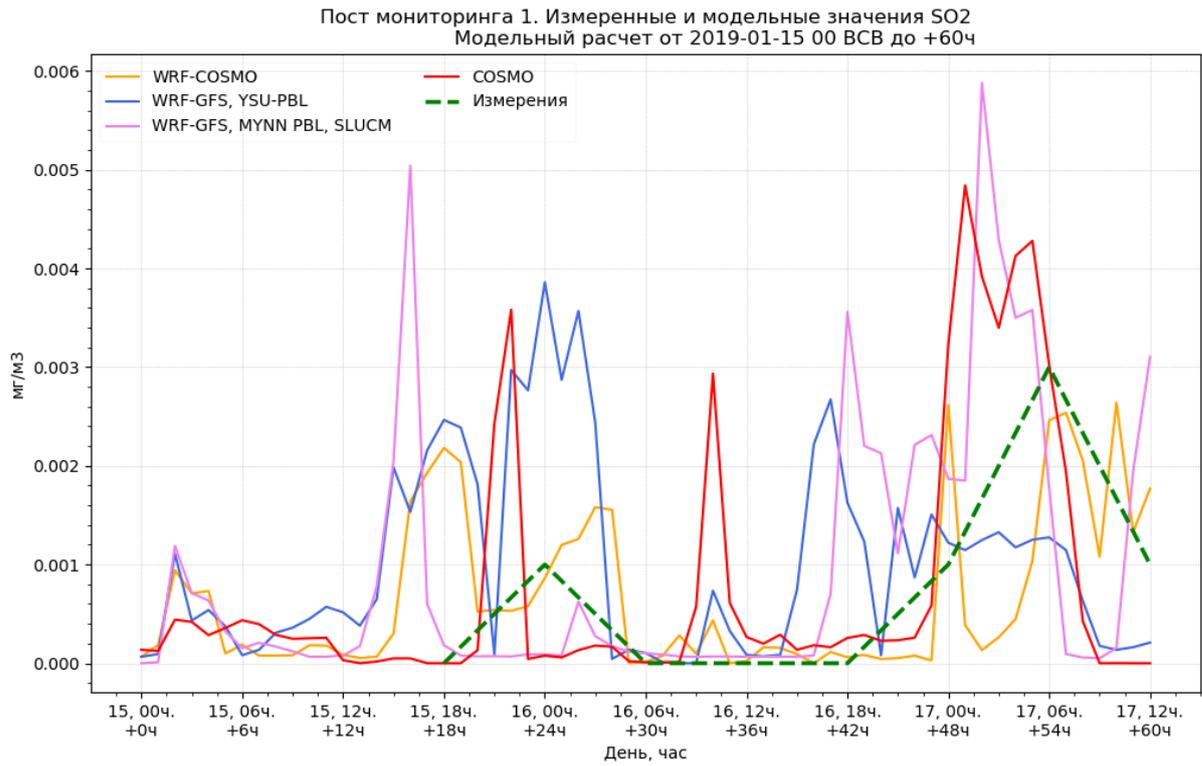


Рисунок 56 - Карта эмиссий (красные треугольники - ТЭЦ) и постов наблюдения (синие ромбы)



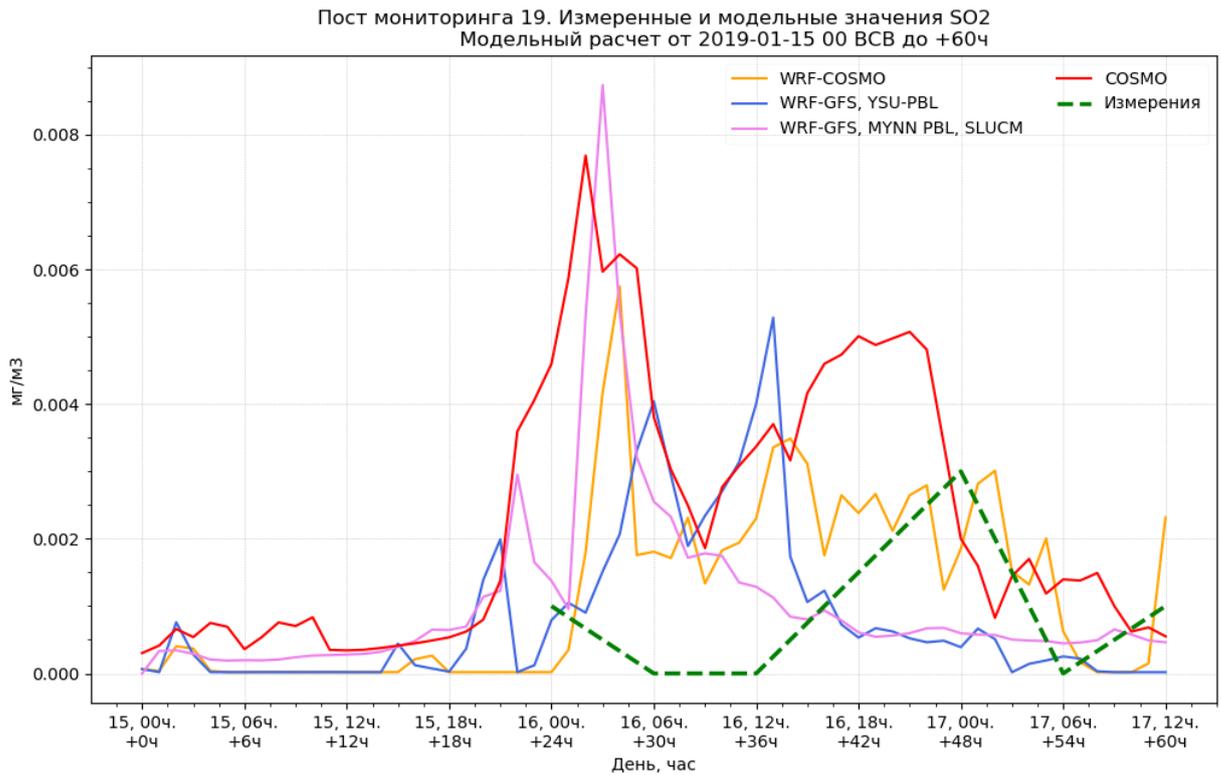
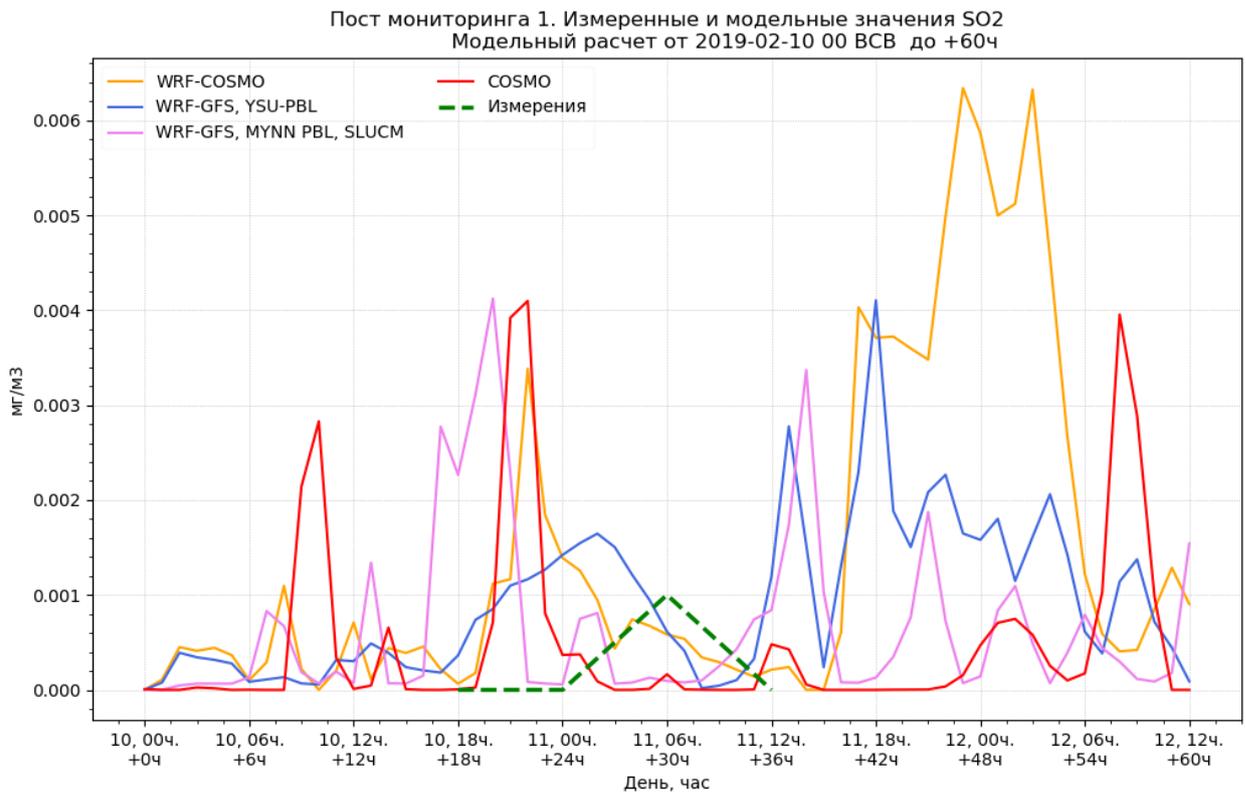


Рисунок 57 - Результаты моделирования и измерений SO₂ 15 - 17 января 2019 г.



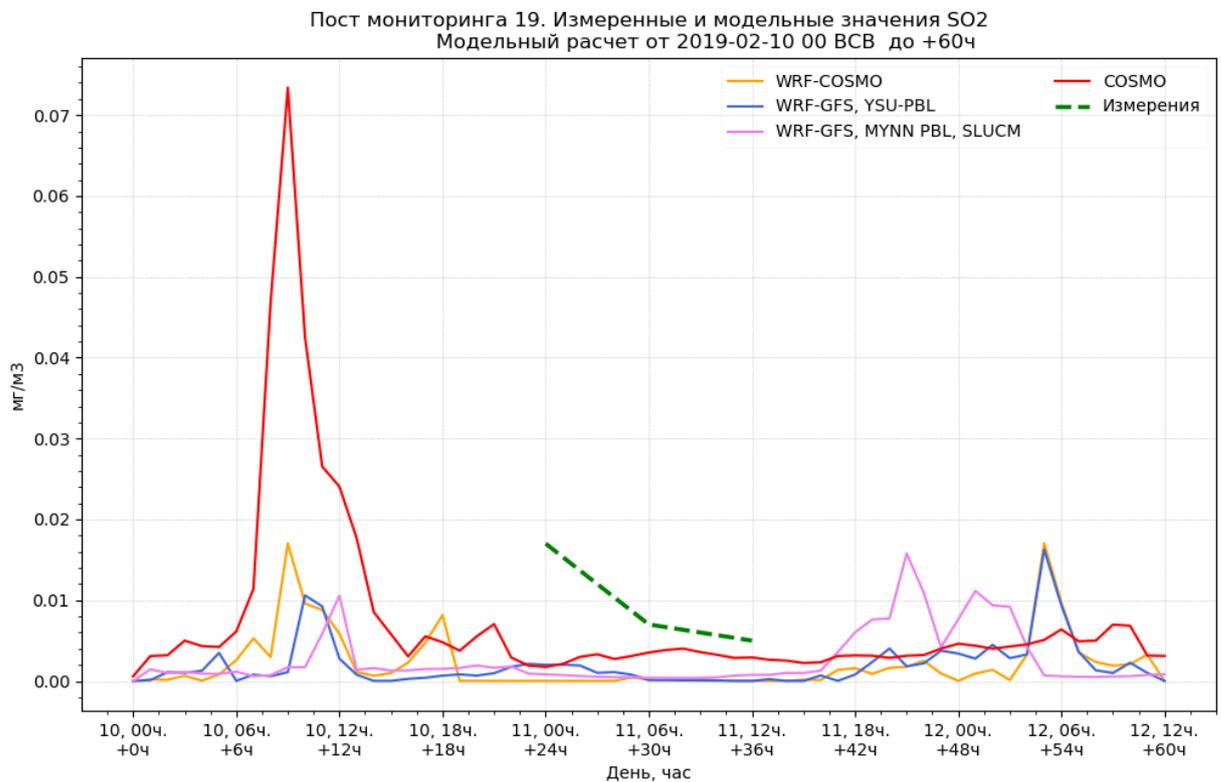
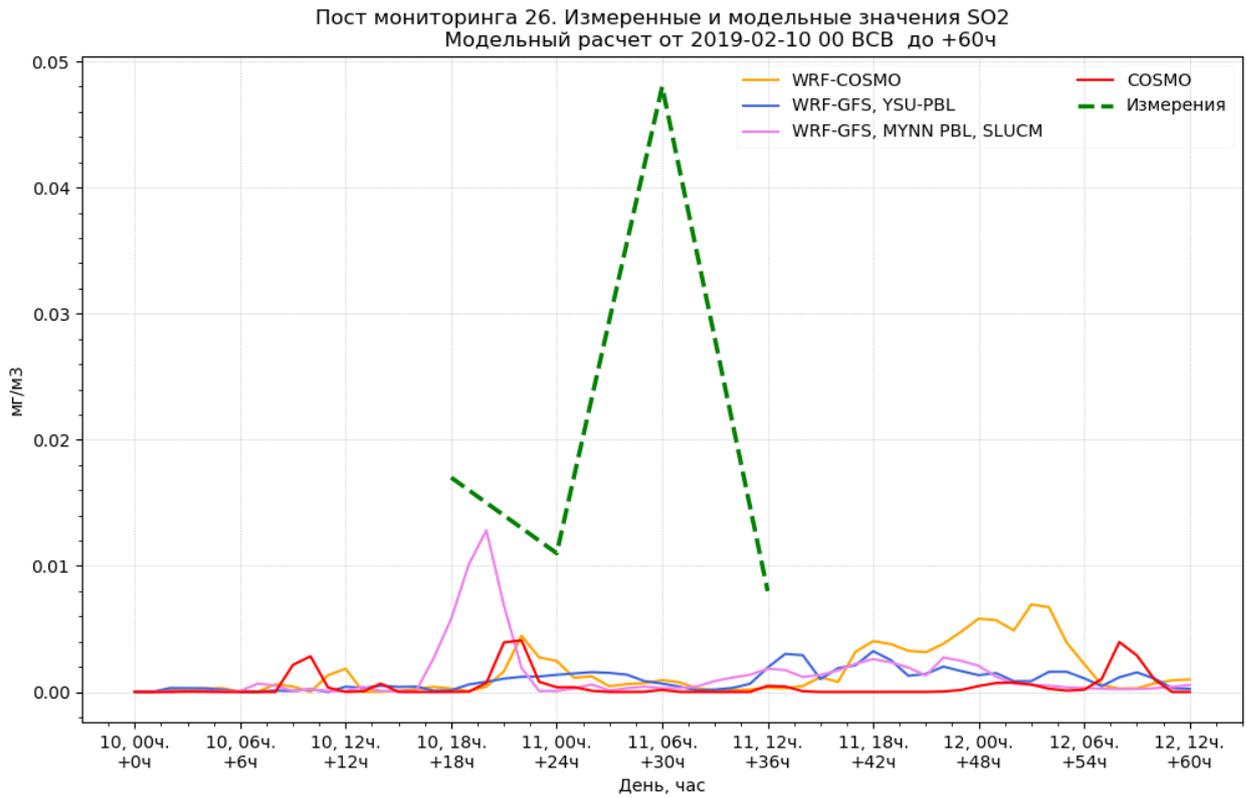


Рисунок 58 - Результаты моделирования и измерений SO2 10 - 12 февраля 2019 г.

На рисунках 54 и 58 представлены результаты сравнения метеорологического (рисунок 54) и химико-транспортного (рисунок 58) блоков моделей COSMO и WRF, которые являются примером расчетных значений разработанной технологии.

В рамках данной работы была разработана также технология прогнозирования и выпуска предупреждений об опасных уровнях загрязнения атмосферного воздуха с использованием мезомасштабных численных моделей атмосферы и химических транспортных моделей по территории Урало-сибирского региона на базе модели WRF-Chem.

Технология состоит из следующих этапов, реализуемых разработанными программными модулями:

1. Конфигурирование параметров модели. Приводятся рекомендации, по настройке модели для эффективной работы в условиях городских агломераций

2. Подготовка исходных данных модели. Приводятся технологические решения, разработанные для задания источников эмиссий различных типов и преобразования их в форму, которая может быть обработана моделью

3. Обработка и выгрузка результатов расчета модели. Приводятся технологические решения постобработки выходных полей модели.

Обработка результатов расчетов и генерация продукции. Приводятся технологические решения для адресной генерации предупреждений.

По окончании работы получены алгоритмы подготовки и преобразований данных, являющихся внешними и универсальными для мезомасштабных моделей - алгоритмы подготовки произвольных наборов эмиссий по геопривязанным данным, алгоритмы подготовки категорий землепользования и городской застройки для любого масштаба (и потенциально типа - квадратная ячейка, треугольная ячейка) горизонтального модельного домена. Изучены практические принципы построения и использования вложенных сеток.

Разработаны и описаны технологии прогнозирования и оценки результатов прогнозирования, представлены результаты сравнения метеорологического и химико-транспортного блоков моделей COSMO и WRF, которые являются примером расчетных значений разработанной технологии оценки результатов моделирования и сравнительной оценки результатов прогнозирования по моделям COSMO ART и WRF-CHEM в условиях физико-географической неоднородности территории Урало-Сибирского региона.

Созданная технология осуществляет автоматизированную подготовку данных для численных прогнозов метеорологических и химических полей, выполняет модельный расчет и пост-обработку полученных результатов. Разработана технология обработки данных моделирования для оценки результатов моделирования с данными измерений и сравнения COSMO ART и WRF-CHEM.

Календарный план выполнен.

1.4.3. Совершенствование методов и технологий комплексной оценки и прогноза загрязнения окружающей среды на территории Российской Федерации, в том числе с учетом международных обязательств Росгидромета

Наименование темы: 1.4.3.10. Оценить состояние, тенденции и динамику загрязнения и состояния поверхностных водных объектов РФ. Обеспечить подготовку и издание информационно-аналитических материалов, ведение и пополнение информационной базы режимно-справочного банка данных качества поверхностных вод (РСБД КПВ). Разработать методики установления региональных особенностей изменчивости концентраций химических веществ в пресноводных экосистемах при антропогенном воздействии и оценки степени токсичности поверхностных вод по комплексу биотестов.

Ожидаемый результат по теме для ФГБУ «СибНИГМИ».

Оценка современных гидрологических параметров, характеристика водного и водохозяйственного баланса Новосибирского водохранилища, качества воды и характера эвтрофирования водоема. Рекомендации по предотвращению негативных воздействий антропогенных факторов на гидро-экосистему водоема.

Полученные результаты.

Анализ данных многолетних наблюдений гидрологических и гидрохимических постов, расположенных на акватории Новосибирского водохранилища показал, что в настоящее время основную роль в процессе наполнения и поддержания уровня на проектных отметках Новосибирского водохранилища играют характер и время поступления волн половодья и паводков. Анализ характера сезонной динамики водности притока и сбросов за многолетний период показывает, что водность сезонов значительно изменяется в зависимости от метеорологических условий сезона. За весь период эксплуатации водохранилища 22 года были маловодными, 14- маловодными, остальные годы характеризовались как средневодными. Анализ годовой водности показывает на увеличивающуюся повторяемость маловодных лет с двухлетним циклом, причем кроме понижения величин годовой водности отмечается также тенденция снижения водности отдельных сезонов, особенно весны. Чередование резких и кратковременных похолоданий и высоких температур в весенний период обычно не способствует формированию единой волны половодья, что связано с различными сроками таяния снега на равнине и в горной части Алтая. На формирование половодья в значительной степени влияет и увлажненность площадей водосбора рек Бия и Катунь. Этот показатель зависит от метеорологических условий осеннего периода года, предшествующего весеннему наполнению водохранилища. Именно в условиях дефицита осадков и снижении

увлажненности водосбора сформировалось весеннее половодье экстремально маловодного 2012 года. Средние расходы притока за осенний период 2011г. ($707 \text{ м}^3/\text{с}$) и за весенний период 2012 г. ($247 \text{ м}^3/\text{с}$) оказались минимальными за весь период эксплуатации водохранилища, что привело к значительным водохозяйственным проблемам в г. Новосибирске, Бердске и в пгт. Ордынское.

Анализ динамики концентраций приоритетных загрязняющих веществ, поступающих в водохранилище с речным стоком и от абразии берегов, позволяет установить позитивную роль водохранилища в изменении показателей качества воды. В то же время, снижение водности весной, может послужить причиной накопления загрязняющих веществ в водоеме.

В результате выполненных исследований установлено, что на начальном этапе формирования гидроэкосистемы Новосибирское водохранилище имело черты олиготрофного водоема с отдельными мезотрофными признаками, а в последующие годы в водоеме активно реализуются процессы эвтрофирования, в результате которых водоем приобрел в настоящее время мезотрофно-эвтрофный статус.

На основе критериев, разработанных международной водохозяйственной организацией и официально принятых в Российской Федерации установлено, что в 1960-1970гг. воды реки Обь соответствовали 1–2 классу качества природных вод, то есть были пригодны для питьевого водоснабжения после минимальной водоподготовки. В настоящее время в питающей водохранилище реке Обь параметры взвешенных веществ, растворенного органического вещества, ионов аммония, фосфатов, ХПК и нефтепродуктов приобрели значение 3-5 класса качества вод, и для того, чтобы использовать речные воды для питьевых и технических целей, требуется специальная водоподготовка.

В настоящее время по семи критериям (растворенный кислород, общая минерализация и жесткость, концентрация хлоридов, сульфатов, железа и нитратов) воды Новосибирского водохранилища относятся к 1–2 классу качества, но другие десять важных критериев (температура, величина рН, взвешенные вещества, аммоний, фосфаты, бихроматная и перманганатная окисляемость, растворенные органические вещества, общая численность бактерий, концентрация нефтепродуктов) соответствуют 3-5 классу качества природных вод. Таким образом, воды водоема даже после специальной водоподготовки могут оказаться непригодными для питьевых целей, если не будут приняты меры по предотвращению загрязнения питающей этот водоем реки Обь и Бердь.

В результате проведенных исследований установлено, что широкое использование минеральных удобрений и ядохимикатов в агропромышленном комплексе в предыдущие годы обусловило накопление минерального фосфора и азота в земельных угодьях водосборного бассейна питающей реки Обь. Поступление эвтрофирующих концентраций

фосфора и азота с речными водами в Новосибирское водохранилище, очевидно, явилось основным фактором, определившим современный трофический статус водоема. Важными последствиями антропогенного эвтрофирования Новосибирского водохранилища являются наблюдаемые в последние десятилетия локальные очаги цветения в водоеме в результате массового развития фитопланктонных организмов и зарастание мелководий водохранилища высшими водными растениями. В связи с этим особую актуальность приобретают мероприятия по предотвращению негативных воздействий антропогенных факторов на гидроэкосистему водоема, представленные в таблице.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГИДРОЭКОСИСТЕМУ НОВОСИБИРСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

№	Мероприятия	Цель	Ожидаемые результаты
1	Изучить локализацию активных береговых процессов на водоеме.	Определить параметры переработки берегов на участках с активными береговыми процессами	Детальная ревизия и картирование участков с активными береговыми процессами
2	Разработать банк данных о современных берегозащитных технологиях	Анализ эффективности берегозащитных технологий на изучаемом водоеме	Осуществление необходимых исследований и выбор адекватных берегозащитных технологий
3	Провести учет существующих и потенциальных потребителей водных ресурсов водоема	Определить доли и экономические показатели безвозвратного водопотребления	Эколого-экономическая оценка существующего и перспективного водопотребления на водоеме
4	Изучить факторы водосборного бассейна, определяющие параметры поверхностного и грунтового стоков в водоем	Определить факторы водосборного бассейна, снижающие объем стока в водоем в летне-осеннюю и в зимнюю межени	Разработка водоохраных мероприятий по предотвращению (минимизации) факторов, снижающих объем притока воды в водохранилище в летне-осеннюю и зимнюю межени.
5	Определить допустимый объем безвозвратного водохозяйственного изъятия воды из водоема	Изучить пути оптимизации водохозяйственного безвозвратного водозабора из водоема	Разработка нормативов водохозяйственного использования водоема
6	Изучить масштабы и последствия аккумуляции эвтрофирующих веществ в донных отложениях водоема Выполнить батиметрическую съемку водоема	Определить условия, при которых проявится вторичное загрязнение водохранилища эвтрофирующими веществами	Разработка мероприятий по предотвращению (минимизации) вторичного загрязнения водоема эвтрофирующими веществами
7	Изучить роль природных гидроэкологических механизмов в детоксикации техногенных загрязнений	Определить экологическую емкость водоема в отношении приоритетных техногенных загрязнений	Оценка эффективности природных процессов самоочищения в водоеме

8	Изучить наличие и запасы химических загрязнений на производственных и бытовых свалках, имеющих место на водосборной территории р.Обь и Новосибирского водохранилища.	Выявление локальных источников химических загрязнений на водосборной территории	Разработка серии карт по источникам химических загрязнений дренирующей гидросети с характеристикой фактических параметров загрязнений
9	Инвентаризация источников нефтепродуктов на водосборной территории.	Топографическая привязка хранилищ горюче-смазочных материалов, гаражей, автостоянок предприятий автосервиса	Разработка карт-планшетов, отражающих размещение потенциальных источников нефтепродуктов на водосборной территории
10	Осуществить инвентаризацию маломерного флота, действующего на акватории водоема	Выявить роль маломерного флота в загрязнении водоема нефтепродуктами	Разработка правил пользования маломерным флотом на водоеме
11	Оценить последствия антропогенного эвтрофирования водоема-охладителя в ближайшие 5-10 лет	Выявить действующие источники биогенных веществ на водосборной территории и оценить их поведение и параметры в дренирующей гидросети	Разработка прогноза последствий антропогенного эвтрофирования водоема в ближайшие 5-10 лет
12	Определить тенденции отчуждения земельных угодий водосборной территории водоема в целях урбанизации и развития промышленных и агропромышленных предприятий	Оценить фактическое безвозвратное отчуждение земельных угодий на водосборной территории водоема	Разработка карт-планшетов с привязкой новых населенных пунктов, промышленных и агропромышленных объектов и оценка их воздействия на гидросеть, дренирующую водосборную территорию
13	Изучить тенденции гидрохимического режима в водоеме в связи с урбанизацией и производственным освоением водосборной территории	Определить современные и потенциальные природные и антропогенные параметры гидрохимического стока в водоем	Прогноз тенденций в гидрохимическом режиме.
14	Организовать мониторинг минеральных и органических отложений и биологических обрастаний в конденсаторах энергоблоков	Определить состав и изучить динамику отложений и обрастаний в теплообменной системе в различные сезоны года	Разработка мероприятий по предотвращению процессов отложений и обрастаний в теплообменной системе.
15	Провести детальный анализ данных дистанционного зондирования водосборной территории.	Определить характер техногенного освоения водосборной территории.	Разработать комплекс мероприятий по предотвращению негативных воздействий техногенных объектов на поверхностный и твердый сток с водосборной территории.

Календарный план выполнен.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (НАПРАВЛЕНИЕ 1.6).

Индекс и наименование темы

1.6.1.1 Разработка новых моделей и методов для совершенствования технологий диагноза и прогноза состояния верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли, околоземного космического пространства (космической погоды)

Ожидаемый результат по теме. Глобальная атмосферно-ионосферная модель (GAIM). Результаты расчёта термодинамических параметров нейтральных и заряженных частиц (состав, температура, циркуляция) на высотах 80-600 км.

Полученный результат.

В настоящее время на основе статистической обработки огромных массивов данных глобального мониторинга параметров атмосферы и ионосферы разработаны глобальные климатические модели параметров атмосферы (MSISE-90, NRL MSISE-00), международные справочные модели ионосферы (IRI), модели горизонтальных ветров (HWM07), электрических полей.

Нами разработана трехмерная нестационарная атмосферно-ионосферная модель самосогласованного расчёта термодинамических параметров нейтральных и заряженных частиц (состав, температура, циркуляция) на высотах 80-600 км.

Наиболее полно разработан блок расчета источников ионизации, возбуждения и диссоциации нейтральных составляющих атмосферы мягким рентгеновским и ультрафиолетовым излучением Солнца, фотоэлектронами и высыпавшимися в высоких широтах энергичными электронами, излучением в континууме Шумана-Рунге и Хартли.

Рассчитываются концентрации основных компонентов N_2 , O_2 , O и малых составляющих $O_2(^1\Delta_g)$, $O_2(^1\Sigma_g^+)$, $O(^1D)$, O_3 , H_2O , H_2 , H , OH , HO_2 , CH_4 , CO , CO_2 , N , $N(^2D)$, NO . Нагрев нейтральной атмосферы обеспечивается дезактивацией возбужденных электронами уровней атомов и молекул, передачей энергии возбуждения $O(^1D)$, $O_2(^1\Delta_g)$, $O_2(^1\Sigma_g^+)$ при столкновениях с нейтральными частицами, диссоциативной рекомбинацией молекулярных ионов. В качестве источника охлаждения атмосферы выбрано инфракрасное излучение в линии 63 мкм атомарного кислорода и в полосах 15 мкм CO_2 и 5.3 мкм NO . Учтены процессы турбулентной и молекулярной диффузии и теплопроводности, ветрового переноса.

В ионосферном блоке рассчитываются концентрации ионов O_2^+ , NO^+ , N_2^+ , $O^+(^4S)$, $O^+(^2D)$, $O^+(^2P)$, N^+ и температуры электронов T_e и ионов T_i . Учитывается электромагнитный дрейф и ветровой перенос.

На рисунках (59, 60, 61) приведены предварительные результаты расчетов нейтрального состава для условий весеннего равноденствия при среднем уровне солнечной и геомагнитной активности для пункта Saint-Santin (47.4°N , 2.2°E). Распределение нейтрального состава, рассчитываемое в какой-либо численной модели, является показателем её адекватности, так как при его расчёте включаются все процессы, учитываемые в модели.

Штриховыми линиями показаны высотные профили, рассчитанные по модели MSIS90. На высотах до ≈ 120 на распределение концентраций сильное влияние оказывает турбулентная диффузия. Наблюдается значительное отличие рассчитанных концентраций от модельных, особенно для атомарных водорода и азота. Что касается концентраций малых азотных составляющих, разброс экспериментально измеренных высотных профилей которых минимален на средних широтах в периоды равноденствия, их распределение не противоречит экспериментальным данным и расчетам других исследователей.

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, как скорости фотохимических реакций, сечения взаимодействия УФ – излучения и электронов с нейтральными частицами и пр., необходимо дальнейшее тестирование численной модели.

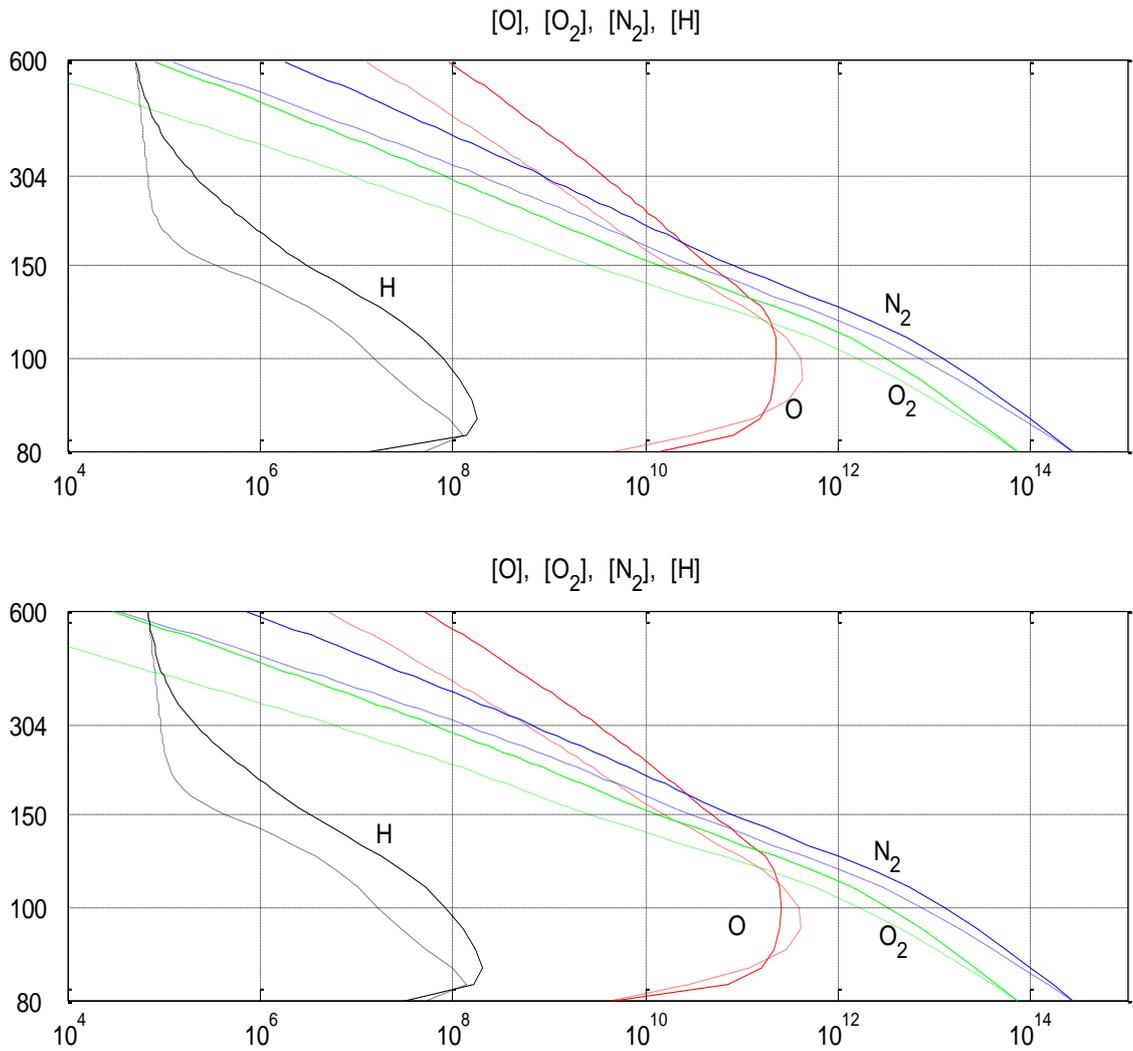


Рисунок 59 - Результаты расчета высотных профилей нейтрального состава для весеннего равноденствия и координат (47.4⁰N, 2.2⁰E). По оси ординат – высота в километрах, по оси абсцисс – концентрация (1/см³). Пунктирными линиями приведены концентрации по модели MSIS90. В верхней части расчёты соответствуют 12 часам местного времени, нижней – 24 часам.

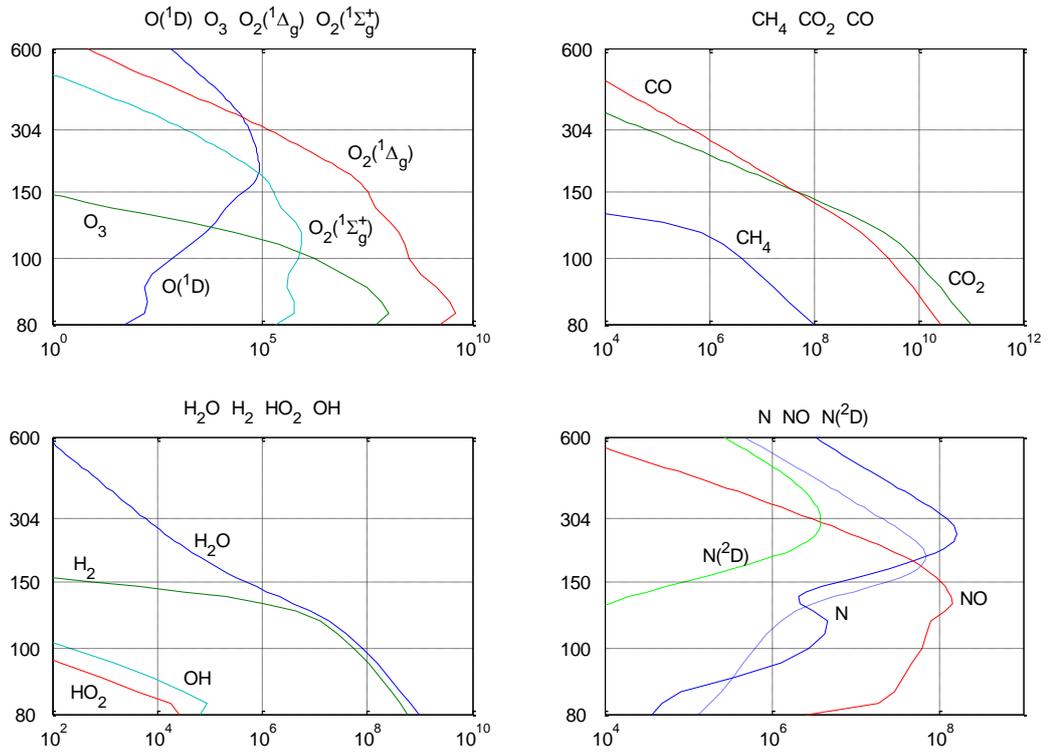


Рисунок 60 - Высотные профили нейтрального состава для 12 час.

Обозначения такие же, как на рисунке 1.

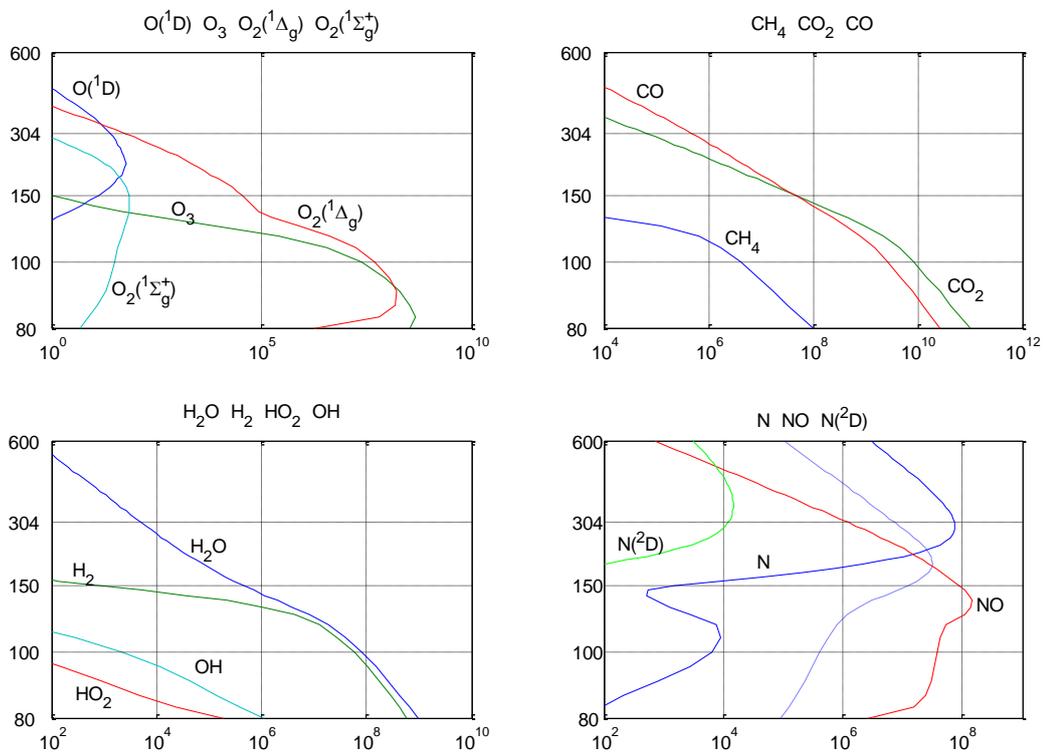


Рисунок 61 - Высотные профили нейтрального состава для 24 часов.

Обозначения такие же, как на рисунке 1.

Разработана трехмерная нестационарная атмосферно-ионосферная модель самосогласованного расчёта термодинамических параметров нейтральных и заряженных частиц (состав, температура, циркуляция) на высотах 80-600 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, как скорости фотохимических реакций, сечения взаимодействия УФ – излучения и электронов с нейтральными частицами и пр., необходимо дальнейшее тестирование численной модели.

ДРУГИЕ РАБОТЫ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД В ОБЛАСТИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РАЗДЕЛ 2)

2.2.1. Подготовка и доведение до потребителей гидрометеорологической оперативно-прогностической, аналитической и режимно-справочной информации

2.2.1.13. Подготовка и доведение до потребителей гидрометеорологической оперативно-прогностической, аналитической и режимно-справочной информации ФГБУ «СибНИГМИ» проводится в квазиоперативном режиме.

В 2019 году проведены следующие работы и выпущено 3000 единиц массивов информации):

	Содержание работ	Количество массивов продукции
По теме 2.2.1.13 Подготовка и доведение до потребителей гидрометеорологической оперативно-прогностической, аналитической и режимно-справочной информации ФГБУ «СибНИГМИ»		
1.	Рассчитаны и выложены на сайт института ежедневные оперативные прогностические поля и метеограммы основных метеоэлементов по территории СФО (для населенных пунктов) по двум моделям COSMO,SLAV: $2*((27 \text{ полей}*7 \text{ сроков}* 365 \text{ дн.}) + (230 \text{ пунктов}*4 \text{ метеопараметра}*365 \text{ дн.}))= 809 570 \text{ ед.}$ результатов расчетов.	730
2.	Составлены и доведены до потребителей прогнозы погоды и классов пожароопасности по территории Западной Сибири с детализацией по пунктам с заблаговременностью до 5 суток с использованием автоматизированной технологии комплексной пост-обработки результатов численного моделирования - выпущено ежедневных таблиц и карт с прогнозами температуры, осадков, ветра, классов пожароопасности: $230 \text{ пунктов} \times 27(\text{заблаговр.}) \times 365 \text{ дн.} \times 4(\text{парам.}) \times 2 \text{ схемы} = 18 133 200 \text{ единиц}$ результатов расчетов	183
3.	Составлены и доведены до потребителей долгосрочный прогноз среднемесячной температуры воздуха (с детализацией по декадам) и месячных сумм осадков с помощью технологии «Кассандра-Сибирь» для территории Западной (31 станция) и Восточной (23 станции) Сибири с детализацией по декадам и месячных сумм осадков по Западной и Восточной Сибири на холодный период года (октябрь 2019-март 2020 г.) по локально-климатической модели Завалишина. $(31+23)\text{станции}*3\text{декады}*6\text{мес.}*2 \text{ метеоэлемента}= 21384 \text{ единиц прогноза}$	216
4.	Составлен и доведен по потребителям прогноз притока в Новосибирское водохранилище и расхода воды по створу Обь-Барнаул по методу Романова-Бочкарёвой на 2-3-й кварталы по методу Романова-Бочкарёвой. На два квартала (6 мес*2 пункта) плюс 4 предварительных квартальных прогноза (2кв*2пункта).	8
5.	Обеспечено функционирование и совершенствование автоматизированной оценки качества метеорологических прогнозов по моделям COSMO, UKMO, SLAV. Произведено оценок прогнозов по физико-статистическим схемам для территории Урало-Сибирского региона в виде таблиц, графиков, карт: $430 \text{ пунктов} \times 4\text{схемы} \times 3\text{месяца} = 20 640 \text{ единиц результатов расчетов.}$	144
6.	Выпущено карт отклонений ежесуточных значений температуры воздуха от средних многолетних (карты аномалий) по территории Западной Сибири – 365 карта.	365
7.	Выпущено метеограмм с результатами физико-статистической коррекции результатов расчетов COSMO по основным населенным пунктам Урало-Сибирского региона по 432 пунктам 365 дней по 2 раза в сутки= 315 360 единиц результатов расчетов.	730
8.	Составлены и доведены до потребителей оперативные расчеты прогнозов гроз по территории Урало-Сибирского региона на сроки до двух суток через 06 (для обслуживания авиации) и 12 часов (для синоптиков УГМС региона), с автоматизированным представлением прогнозов гроз и ежемесячных расчетов оценок в виде таблиц на сайте http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5&80 $432 \text{ станций}*365 \text{ дней}*6\text{сроков заблаговременности}*2\text{раза в сутки}+ 432 \text{ станций}*365$	612

	дней*12сроков заблаговременности*2раза в сутки = 1 920 000 единицы результатов расчетов.	
9.	Обеспечено функционирование и развитие страницы http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?6 «методический кабинет» для УГМС Урало-Сибирского региона. Размещено информационных методических материалов, в том числе результаты анализа оправдываемости прогнозов КП 68 и РЭП по 19 пунктам Урало-Сибирского региона. Около 1400 ед. материалов.	9
По теме 2.2.2.5 Плана НИРиТР «Сопровождение и поддержка оперативных технологий прогнозирования, визуализации, WEB-технологий для обслуживания потребителей прогностической продукцией и предоставления информационных услуг ФГБУ "СибНИГМИ"»		
10.	Осуществлялись сопровождение и поддержка оперативных технологий прогнозирования, визуализации, WEB-технологий для обслуживания потребителей прогностической продукцией и предоставления информационных услуг ФГБУ "СибНИГМИ"» по 5 технологиям в течение 12 месяцев - показатель объема работы - 30 ед.	30
Тема 2.10.1 Информационно-аналитическое обеспечение деятельности Росгидромета. Проведение работ по государственному учету результатов научно-технической деятельности (РНТД) в системе Росгидромета		
11.	В течение 2019 года: 3 зарегистрированы в системе ЕГИСУ информационные карты результатов интеллектуальной деятельности (ИКР) - Получены Свидетельства о гос.регистрации программ для ЭВМ – 4 Инф. карт состояния правовой охраны (ИКСПО) – 2 Информационных карт об использовании РИД (ИКСИ) – 4 зарегистрированы в системе ЕГИСУ заключительных отчетов – 12	12
12	научно-методические инспекции сетевых подразделений в соответствии с ежегодно утвержденными Планом инспекций Росгидромета (2.7.1)	2

Календарный план выполнен.

2.2.2. Сопровождение и поддержка оперативных технологий

2.2.2.5.Сопровождение и поддержка оперативных технологий прогнозирования, визуализации, WEB-технологий для обслуживания потребителей прогностической продукцией и предоставления информационных услуг «ФГБУ «СибНИГМИ».

1. Выполнялась поддержка оперативного функционирования локальной вычислительной сети СИБНИГМИ.
2. Выполнялась поддержка оперативного функционирования веб-сервера <http://sibnigmi.ru> и информационного окружения.
3. Выполнялась поддержка оперативных технологий прогнозирования COSMO, WRF, SLAV, WsibMZ, технологии комплексирования. На сайте <http://sibnigmi.ru> размещались расчетные поля, метеограммы.
4. Выполнялась поддержка оперативного функционирования технологии визуализации, результатов расчетов мезомасштабной прогностической модели COSMO на сайте <http://sibnigmi.ru>, а также размещались графики, таблицы, метеограммы, карты.
5. Выполнялась поддержка оперативного функционирования технологии визуализации результатов прогностических моделей WRF,SLAV на сайте sibnigmi.ru. На сайте <http://sibnigmi.ru> размещались графики, таблицы, метеограммы, карты.
6. Выполнялась поддержка, сопровождение, наполнение страницы «Метод. кабинет».

Календарный план выполнен.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ФГБУ «СИБНИГМИ», ФИНАНСИРУЕМЫЕ ИЗ ИНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Осуществлена разработка программного обеспечения для задач авивизионного прогноза на основе результатов численных моделей атмосферы для территории Сибири.

(заказчик - ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета").

Осуществлен комплекс научных исследований водного объекта и его водоохранной зоной (Заказчик ФГУП ПО "Север").

Объектом исследования являлась река Ельцовка – 2 протекающая на северо-востоке Новосибирска, в районе водопользования АО «ПО «Север» и экосистема ее водоохранной зоны.

Цель работы – наблюдение за водным объектом в районе выпуска ливневых сточных вод предприятия (его морфометрическими особенностями и состоянием водоохранной зоны).

В процессе исследований получены основные сведения о морфометрических особенностях (глубинах, скоростях течения, расходов воды в установленном створе), густоты эрозионной сети и экосистемах водоохранной зоны реки в месте водопользования АО «ПО «Север».

Проведены гидрохимические исследования на участке реки Ольжерас выше точки сброса сточных вод шахты «Распадская-Коксовая

(Заказчик АО "Распадская-Коксовая").

Проведенные исследования позволили установить значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в контрольных створах выше сбросов шахтных вод.

Проведены гидрохимические исследования на участке ручья Богорова

(Заказчик АО "ОУК "Южкузбассуголь" Филиал "Шахта "Ерунаковская - VIII").

Проведенные исследования позволили установить значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в контрольных створах выше сбросов шахтных вод.

Разработаны дополнительные программные модули ИУС "Погода в реальном времени. Чита"

(Заказчик ФГБУ "Забайкальское УГМС")

Проведены гидрохимические исследования водного объекта и его водоохранной зоны

(Заказчик ЗАО "Чернореченский карьер")

Проведены гидрохимические исследования ручья Каменка Новосибирской области. Определены морфометрические особенности объекта. Проведено обследование его водоохранной зоны в районе сброса ливневых сточных вод. Результаты представлены заказчику в виде таблиц, графиков и научного отчета.

Проведены гидрохимические исследования водного объекта и его водоохранной зоны

(Заказчик ООО СК "ВИРА-Строй").

Объектами исследования являлись пруд на ручье Водопойка, притока р.Каменка, расположенного в Дзержинском районе г. Новосибирска. В процессе исследований получены основные сведения о морфометрических и гидрографических характеристиках водного объекта и водоема.

Проведены гидрохимические исследования водного объекта и его водоохранной зоны

(Заказчик ОАО "РЖД").

Объектами исследования являлись р. Правый Баскускан и р. Иня в Кемеровской области в районе ж/д станций Артышта и Егозово Западно-Сибирской железной дороги, а также, р. Горбуниха в районе выпуска очистных сооружений больницы РЖД г. Новокузнецка и экосистемы их водоохранных зон.

Цель работы – расчет морфометрических характеристик по результатам наблюдений за водными объектами (их морфометрическими особенностями) и состоянием водоохранных зон.

В процессе исследований получены основные сведения о морфометрических особенностях (глубинах, скоростях течения, расходов воды в установленных контрольных точках и створах), густоты эрозионной сети и экосистемах водоохранной зоны водных объектов в местах сброса сточных вод через выпуски.

Ведение наблюдений за водным объектом и его водоохранной зоной

НПО "ЭЛСИБ" ПАО

Объектами исследования являлись ручей без названия (приток реки Тулы) в районе сброса ливневых сточных вод предприятия и экосистема его водоохранной зоны. Цель работы – наблюдение за водным объектом (его морфометрическими особенностями) и состоянием водоохранной зоны. В процессе исследований получены основные сведения о морфометрических особенностях (глубинах, скоростях течения, расходов воды в установленных контрольных точках и створах), густоте эрозионной сети и экосистемах водоохранной зоны водного объекта в местах водопользования НПО «ЭЛСИБ» ПАО.

Исследование водных объектов на участках водопользования ООО "Лента"

(Заказчик ООО "Лента").

Проведены исследования на ряде участков реки Иртыш.

Результаты представлены заказчику в виде таблиц, графиков и научного отчета.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР В 2019 ГОДУ

Перечень внедренных в оперативно-производственных учреждениях Росгидромета методов, моделей и технологий, подтвержденных актами внедрения в 2019 году

1 Технология краткосрочного прогнозирования гроз по территории ответственности Обь-Иртышского УГМС на базе физико-статистической интерпретации выходной продукции гидродинамического моделирования (ФГБУ «СибНИГМИ», М.Я. Здерева). 1.1.1.2 (2014-2016)

Решение технического совета ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» от 26.11.2019 – внедрить в качестве вспомогательной по территориям Омской области, юга Тюменской области, Ханты-Мансийского автономного округа.

2 Технология краткосрочного прогнозирования гроз по территории ответственности Уральского УГМС на базе физико-статистической интерпретации выходной продукции гидродинамического моделирования (ФГБУ «СибНИГМИ», М.Я. Здерева). 1.1.1.2 (2014-2016)

Решение технического совета ФГБУ «Уральское УГМС» №4 от 28.11.2019 г. – внедрить по территориям Свердловской, Челябинской, Курганской областей, Пермского края.

3 Прогноз максимальной скорости ветра на 24-36 ч по г. Кургану по данным модели COSMO RU13 (метеограммы на сайте СибНИГМИ) (ФГБУ «СибНИГМИ», А.Б. Колкер). 1.7.46 (2011-2012)

Решение технического совета ФГБУ «Уральское УГМС» №2 от 15.02.2019 г. – внедрить в качестве основного расчетного по территории ФГБУ «Курганский ЦГМС».

4 Автоматизированная технология расчета прогноза температуры воздуха на базе комплексирования выходной продукции различных моделей в холодный период года (COMPLEX)» (ФГБУ «СибНИГМИ», М.Я. Здерева). 1.1.2.2 (2011-2013)

Решение технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 20.02.2019 г. – внедрить с 01.03.2019 г. в качестве вспомогательного расчетного метода в холодный период.

5 Автоматизированная технология обновления и выборки ранжированного ряда лет минимального и максимального значений давления воздуха по 75 метеостанциям ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» в декадном и месячном разрешении (ФГБУ «СибНИГМИ», А.В. Гочаков). 1.3.4.3 (2017-2019)

Решение технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 21.11.2019 г. – внедрить в работу оперативных подразделений ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

6 Автоматизированная технология расчета оценки условий вегетации и метод прогноза урожайности гречихи по Новосибирской области (ФГБУ «СибНИГМИ», В.В. Набока). 1.1.7.1 (2014-2016).

Решение технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27.05.2019 г. – внедрить в качестве основного.

7 Автоматизированная технология оценки условий вегетации и метод прогноза урожайности гречихи по Алтайскому краю (ФГБУ «СибНИГМИ», В.В. Набока). 1.1.7.1 (2014-2016).

Решение технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27.05.2019 г. – внедрить в качестве основного.

8 Автоматизированная технология оценки условий вегетации и метод прогноза урожайности зеленой массы кукурузы по Алтайскому краю (ФГБУ «СибНИГМИ», В.В. Набока). 1.1.7.1 (2014-2016)

Решение технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27.05.2019 г. – внедрить в качестве основного.

СВИДЕТЕЛЬСТВА О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Перечень зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности (изобретений, полезных моделей, баз данных, программ для ЭВМ)

1. Программный комплекс «Технология подготовки данных для численного моделирования при помощи модели WRF». Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2019666560. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 12.12.2019. Авторы: Колкер А.Б., Гочаков А.В. Тема 1.4.1.4 Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг.

2. Программа аппроксимации дискретного ряда аддитивным набором периодических функций. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2019664582. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 08.11.2019. Автор Завалишин Н.Н. Тема 1.1.9.1.п2 Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг.

3. Программный комплекс Icescode. Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2019616449. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 22.05.2019. Авторы Токарев В.М., Здерева М.Я., Хлучина Н.А. Тема 1.1.9.1 п.2 Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг.

4. Программный комплекс «Ранжирование-климат». Свидетельство о гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2019614201. Дата регистрации в Реестре

программ для ЭВМ 01.04.2019. Авторы Гочаков А.В., Воронина Л.А., Брусенко Е.А. Тема 1.3.4.3 Плана НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг.

Зарегистрированы в ЕГИСУ НИОКР в 2019 г. следующие темы научно-исследовательских работ:

Разработать суперкомпьютерную оперативную технологию численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе модели ICON-COSMO (шаги сетки 6,6 км и менее) по территории Северной Евразии (включая всю территорию СНГ): Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.1.1; рук. Крупчатников В.Н. - Новосибирск, 2019. - 17 с. - Рег. № НИОКТР АААА-А17-117041210263-6. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122690012-5.

Схема многослойной инициализации влагосодержания почвы в модели ПЛАВ: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.2.1; рук. Травова С.В. - Новосибирск, 2019. - 42 с. - Рег. № НИОКТР АААА-А17-117022250104-9. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122690013-2.

Разработать технологию прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением микроволновой спутниковой оценки высоты снежного покрова, совместно с другими доступными источниками информации о снегонакоплении и современных систем прогнозирования погоды: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.5.6; рук. Бураков Д.А. - Новосибирск, 2019. - 76 с. - Рег. № НИОКТР АААА-А17-117022250102-5. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122690014-9.

Разработка подготовленной к оперативным испытаниям автоматизированной технологии оценки условий вегетации и динамико-статистических прогнозов урожайности зерновых и зернобобовых культур по Томской области, кукурузы по Новосибирской области. Подготовленный к оперативным испытаниям метод прогноза урожайности яровой пшеницы по административным районам Кемеровской области: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.7.1.п.1; рук. Старостина Т.В. - Новосибирск, 2019. - 68 с. - Рег. № НИОКТР АААА-А17-117022250103-2. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122390213-9.

Выполнить оценку пространственно-временной изменчивости основных характеристик стока рек на территории Новосибирской области: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.8.6; рук. Топоров В.М. - Новосибирск, 2019. - 107 с. - Рег. № НИОКТР АААА-А17-117022250101-8. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122700043-5 (27.12.2019)

Метод и технология краткосрочного прогнозирования переходов температуры через ноль и связанных с ними заморозков и гололедных явлений на территории Урало-Сибирского региона: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.9.1.п.1;

рук. Здерева М.Я. - Новосибирск, 2019. - 56 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250099-8. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219121790066-0.

Развить технологию долгосрочного прогнозирования на базе физико-статистического метода сезонного прогноза приземной температуры, осадков и расходов воды рек по Западной и Восточной Сибири: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.1.9.1.п.2; рук. Завалишин Н.Н. - Новосибирск, 2019. - 95 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250105-6. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219121790059-2.

Оценки потоков CO₂ в экосистеме бореальный лес–тундра территории России, полученные на основе результатов моделирования: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.3.3.2; рук. Крупчатников В.Н., Мартынова Ю.В. - Новосибирск, 2019. - 50 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250098-1. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219121390009-1.

Специализированные электронные климатические информационные продукты для различных отраслей экономики и регионов России. Технологии создания и представления специализированной климатической информации для адресного обслуживания пользователей: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.3.4.3; рук. Гочаков А.В. - Новосибирск, 2019. - 44 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250097-4. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122390024-1.

Технология оценки результатов моделирования и сравнительная оценка результатов прогнозирования по моделям COSMO ART и WRF-CHEM в условиях физико-географической неоднородности территории Урало-Сибирского региона: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.4.1.4; рук. Колкер А.Б. - Новосибирск, 2019. - 101 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250096-7. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219121190012-3.

Комплексная оценка состояния гидроэкосистемы Новосибирского водохранилища на реке Обь через 57 лет эксплуатации по данным государственной сети мониторинга, экспедиционных исследований и региональных наблюдательных проектов; разработка рекомендаций по предотвращению негативных последствий в условиях различной антропогенной нагрузки: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.4.3.10; рук. Климов О.В. - Новосибирск, 2019. - 106 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250095-0. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122490016-5.

Глобальная атмосферно-ионосферная модель. Результаты расчета термодинамических параметров нейтральных и заряженных частиц (остав, температура, циркуляция) на высотах 80-600 км: Отчет о НИР (заключ.)/ФГБУ «СибНИГМИ»; шифр темы 1.6.1.1; рук. Гуляев В.Т. - Новосибирск, 2019. - 42 с. - Рег № НИОКТР АААА-А17-117022250100-1. - Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122700004-6.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ РАБОТА

I. ИНСПЕКЦИИ.

В соответствии с «Планом инспекций организаций наблюдательной сети НИУ Росгидромета в рамках научно-методического руководства на 2019 год» (утверждён 02.03.2019 года руководителем Росгидромета) осуществлены две инспекции сетевых организаций Росгидромета по разделу: «Проверка состояния гидрометеорологического обеспечения. Оказание методической помощи в использовании новых методов прогнозов и новых технологий»

В период 23-27 сентября 2019 г. Ворониной Л.А., с.н.с. СибНИГМИ проведена инспекция Горно-Алтайского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» по организацией гидрометеорологического обеспечения потребителей, соблюдению порядка подготовки и выпуска гидрометеорологической и агрометеорологической информации.

В период 16-18 сентября 2019 года Здеревой М.Я., в.н.с. СибНИГМИ, проведена инспекция по состоянию прогностической деятельности и качеству обслуживания потребителей агро- и метеопрогнозами в Тюменском ЦГМС – филиале ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

Во время инспекций специалисты центров были ознакомлены с новыми видами продукции, разработанной в ФГБУ «СибНИГМИ» и размещаемой на сайте института и ftp-сервере регионального вычислительного центра Западно-Сибирского УГМС.

Копии актов, отчеты о результатах инспекций были направлены в Росгидромет.

II. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ИСПЫТАНИЙ

Оказывалась методическая и практическая помощь специалистам УГМС при проведении испытаний методов прогноза температуры воздуха (Ханты-Мансийский ЦГМС), грозы (Уральское и Обь-Иртышское УГМС), автоматизированной технологии выборки ранжированных рядов (Западно-Сибирское УГМС) и в подготовке заключительных отчетов по результатам испытания.

III. РАБОТА МЕТОДИЧЕСКОГО КАБИНЕТА ФГБУ «СибНИГМИ»

В 2019 году на сайте sibnigmi.ru регулярно пополнялась материалами страница Метод. кабинета. В разделе «**Оправдываемость методов**» ежемесячно публиковались (по данным Гидрометцентра России) результаты сравнительной оценки оправдываемости прогнозов по модели РЭП и по коду 68 с заблаговременностью 24, 48 и 72 часа по 20 пунктам УГМС Урало-Сибирского региона. В разделе «**Оценки**» ежемесячно

размещались результаты оценок оправдываемости и систематических ошибок прогнозов моделей: COMPLEX, COSMO, NCEP, UKMO и ПЛ АВ по территории 19 субъектов Российской Федерации Урало-Сибирского региона и Якутии.

РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА ФГБУ «СИБНИГМИ»

В течение 2019 г. было проведено шесть заседаний Ученого совета ФГБУ «СибНИГМИ». Дискуссионные научные проблемы, требующие детального обсуждения (применение фильтра Калмана, заслушивание о обсуждение диссертационных работ аспирантов Томского госуниверситета и другие вопросы) рассматривались на научных семинарах (пять семинаров).

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

- О ходе выполнения НИР 1.4.3.10: «Оценка современных гидрологических параметров водоема, характеристика водного и водохозяйственного баланса Новосибирского водохранилища, качества воды и характера эвтрофирования водоема. Рекомендации по предотвращению негативных воздействий антропогенных факторов на гидроэкосистему водоема. Глава в Ежегодник «Качество поверхностных вод РФ» за 2018 г.
- О ходе выполнения НИР 1.1.5.6 «Разработать технологию прогноза характеристик стока весеннего половодья сибирских рек с применением микроволновой спутниковой оценки высоты снежного покрова, совместно с другими доступными источниками информации о снегонакоплении и современных систем прогнозирования погоды.
- О результатах выполнения НИР (тема 1.1.9.1, п. 2) по разработке методов:
 - - долгосрочного прогноза среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков по тёплому (апрель-сентябрь) и холодному периодам (октябрь-март) для Западной и Восточной Сибири;
 - - полезного притока в оз. Байкал для тёплого и для холодного периодов;
 - - притока воды в Новосибирское водохранилище для тёплого и холодного периодов.
- О ходе выполнения НИР 1.1.7.1 по разработке методов прогнозов и технологий агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.
- Рассмотрение и утверждение Ученым советом предложений ФГБУ «СибНИГМИ» в План НИОКР на 2020-2024 гг. по следующему перечню Росгидромета:
 - проект №22 - головной НИУ ФГБУ «СибНИГМИ»;
 - проекты №№ 1, 16, 17, 21 – СибНИГМИ – НИУ соисполнитель.
 - утверждение Плана оперативно-производственных работ на 2020 год.

- О результатах научно-исследовательских работ, выполняемых по Плану НИОКР Росгидромета на 2017-2019 гг.:
 - По теме 1.1.8.6 «Оценка пространственно-временной изменчивости основных характеристик стока рек на территории Новосибирской области».
 - По теме 1.1.1.1 «Суперкомпьютерная технология численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе модели ICON-COSMO (шаги сетки 6.6 км и менее) по территории Западной Сибири и Урала».
 - По теме 1.1.2.1 «Схема многослойной инициализации влагосодержания почвы в модели ПЛАВ с использованием спутниковых данных наблюдений».
 - По теме 1.6.1.1 «Глобальная атмосферно-ионосферная модель на высотах 80-600 км».
 - По теме 1.3.1.3 «Специализированные массивы данных о характеристиках режима осадков для исследования климата и его изменений ... для юго-востока Западной Сибири».
 - По теме 1.3.3.2 «Оценки потоков CO₂ для лесных и тундровых экосистем России, полученные на основе результатов моделирования. ... Результаты обобщения и сравнения полученных оценок для исторического периода и для XXI века».
 - По теме 1.3.4.3 «Технологии создания и представления специализированной климатической информации для адресного обслуживания пользователей...».
 - По теме 1.1.9.1, п. 1 метод и технология краткосрочного прогнозирования перехода температуры через ноль и связанных с ними заморозков и гололедных явлений на территории Урало-Сибирского региона
 - По теме 1.4.1.4 Разработка технологии прогнозирования и выпуска предупреждений об НМУ и опасных уровнях загрязнения атмосферного воздуха с использованием мезомасштабных численных моделей атмосферы и химических транспортных моделей
 - По теме 1.4.3.10 Оценка современных гидрологических параметров водоема, характеристика водного и водохозяйственного баланса Новосибирского водохранилища, качества воды и характера эвтрофирования водоема.
- Разное. В пункте «разное» ученый совет заслушивал и обсуждал информацию о награждениях и поощрениях сотрудников, вручения Свидетельств о регистрации программ для ЭВМ в государственном Реестре программ для ЭВМ, о командировках, инспекциях, об итогах совещаний и коллегий Росгидромета, о решениях научно-технического совета Росгидромета, решениях ЦМКП Росгидромета, решениях технических советов УГМС, о результатах испытаний новых методов и технологий и другую информацию.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Колкер Алексей Борисович в период 15-25 февраля 2019 г. принял участие в пятом совещании рабочей подгруппы по развитию информации и обеспечения (WG-MISD) группы по метеорологии МЕТР ИКАО (MISD/5) и семинаре по ледяным кристаллам на больших высотах (Австралия, г. Мельбурн).

Колкер Алексей Борисович с 28 мая по 1 июня 2019 года принимал участие с докладом на совместном совещании участников РГ-4 МСГ СНГ и РТ/EAST/ METG EANPG ICAO (г. Кишинев, Молдова, дополнение к плану МНТС от 22.03.2019 п. 9).

Колкер Алексей Борисович принял участие в семинаре экспертов Гидрометцентра России и DWD по вопросам обмена опытом краткосрочного прогнозирования погоды (Оффенбах, 18-20 марта 2019 г.).

Завалишин Николай Николаевич с 18 по 25 июля 2019 года принял участие в работе Первой международной конференции «Жизнь и работа Милутина Миланковича: прошлое, настоящее, будущее» (г. Белград, Сербия), на которой он выступил с пленарным докладом по теме: «Адаптация модели Миланковича к анализу современного изменения климата».

РАБОТА СО СМИ

Заведующий отделом информационных и инновационных технологий СибНИГМИ Валерий Михайлович Токарев был участником прямого эфира в программе телеканала ОТС «Гость в студии» <https://newsvideo.su/video/1268252>.

На регулярной основе В.М. Токарев выступает с комментариями о погодных процессах на ряде телеканалов г. Новосибирска (Вести, ОТС, 49-й канал).

РАБОТА С КАДРАМИ

В.Н. Крупчатников является членом программного комитета и лектором Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды CITES, который ежегодно организуется Сибирским центром климато-экологических исследований и образования.

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

**Сведения об участии в научных конференциях, симпозиумах, семинарах и
выставках в 2019 году
ФГБУ «СибНИГМИ»**

**1. First International Conference «The Life and Work of Milutin Milanković: Past,
Present, Future». 19-21 июля, Белград, Сербия.**

Завалишин Н.Н. Адаптация модели Миланковича к анализу современного изменения климата. - Труды First International Conference «The Life and Work of Milutin Milanković: Past, Present, Future». 19-21 июля, Белград, Сербия.

**2. Международная научная конференция "Уфимская осенняя математическая
школа" (16–19 октября 2019 г., Башкирский государственный университет, г.
Уфа)**

Klevtsova Yu. Yu. “On integral properties of stationary measures for the stochastic system of the quasi-solenoidal Lorenz model describing a baroclinic atmosphere” - Уфимская осенняя математическая школа.- Сборник тезисов Международной научной конференции. Уфа: Изд-во БашГУ, 2019. С. 108-109.

**3. Всероссийская конференция с международным участием «Обработка
пространственных данных в задачах мониторинга природных и
антропогенных процессов» г. Бердск .26-30 августа 2019.**

Гочаков А.В., Пененко А.В., **Колкер А.Б.,** Антохин П.Н. Описание урбанизированной поверхности с использованием геопространственных данных для задач моделирования и оценки качества воздуха - в сборнике трудов Всероссийской конференции с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» г. Бердск .26-30 августа 2019. – 2019. С. 344-348.

Токарев В.М., Здерева М.Я., Гочаков А.В. Многомерное представление и анализ данных стационарных наземных наблюдений за концентрациями примесей для верификации гидродинамических моделей. - Доклад на Всероссийской конференции с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» г. Бердск .26-30 августа 2019. –С.204-206

Ромасько В.Ю., Гордеев И.Н., **Бураков Д.А.** Оценка снеготпасов по данным микроволнового радиометра AMSR-2 – Доклад. Статья в сборнике трудов Всероссийской конференции с международным участием "Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов" ИВТ СО РАН, Новосибирск. 2019. С. С. 451-455

**4. CITES '2019 Международная молодежная школа и конференция по
вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей
среде. 27 мая – 6 июня 2019 г., Москва, Россия**

Krupchatnikov V., Martynova Yu., Borovko I., Platov G. On the relationship between the variability of the mean flow and eddies with systematic errors in the models - В сборнике: CITES '2019 Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде. 2019. С. 14-16.

Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Соотношение эмиссий метана от болот и наиболее экстремальных пожаров в Западной Сибири на основе данных МАСС/CAMS и GFED - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 207-211.

Крупчатников В., Мартынова Ю., Боровко И., Платов Г. О связи изменчивости среднего потока и вихрей с систематическими ошибками в моделях - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 14-16.

Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н. Оценка вариации потоков CO₂ для лесных экосистем России в условиях климатических изменений с помощью модели JSBACH - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 125-128.

Махнорылова С.В., Толстых М.А. Инициализация влагосодержания деятельного слоя подстилающей поверхности для многослойной параметризации почвы в глобальной модели атмосферы ПЛАВ. - Сборник трудов международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2019”, 27 мая – 6 июня 2019 г., Москва, Россия, стр. 196-199.

Усова Е.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., **Мартынова Ю.В.** Исследование изменений вихревых и адвективных потоков тепла на юго-востоке Западной Сибири - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 107-110.

5. II Всероссийская научно-практическая конференция «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России», приуроченная к 55-летию кафедры гидрологии и природопользования ФГБОУ ВО «ИГУ».

5 - 7 июня 2019 г. г. Иркутск

Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Каталог атмосферных осадков и их статистические характеристики для бассейна р. Селенги (июль) - В сборнике Всероссийская научно-практическая конференция Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России, 5-7 июня 2019 г. С. 370-382.

Токарев В.М. Здерева М.Я. Применение бинарных деревьев решений для прогноза метеорологических явлений – Доклад. Статья в сборнике: Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России - Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 55-летию кафедры гидрологии и природопользования ИГУ. 2019. С. 70-80.

6. XXV Международный Симпозиум “Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы”

30 июня - 5 июля 2019 года, Новосибирск

Харюткина Е.В., Логинов С.В., Усова Е.И., **Мартынова Ю.В.**, Пустовалов К.Н. Влияние процессов атмосферной циркуляции на формирование опасных метеорологических явлений на территории Томской области - доклад

Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Эмиссии метана от пожаров в Сибири в периоды атмосферного блокирования в летний период - Доклад. Статья: Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: - доклад. Статья: Материалы XXV Международного симпозиума. Электронный ресурс. Томск: Издательство ИОА СО РАН. 2019.

7. Всероссийская конференция "Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования", 26 – 28 ноября 2019 г. Москва, Россия

Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.**, Мордвинов В.И. Особенности атмосферного блокирования и связанных с ним погодных экстремумов в Сибири в период потепления Арктики 1996-2019 - Всероссийская конференция "Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования" Москва, Россия, 26 – 28 ноября 2019 г., С. 28.

8. XV Международная выставка и научный конгресс

«Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2019»

Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»

24-26 апреля, г. Новосибирск

Кононенко С.М., Старостина Т.В., Топоров В.М. Спутниковые данные в прогнозе урожайности пшеницы для районов Кемеровской области - Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4. № 1. С. 11-18.

Михайлюта С.В., **Леженин А.А.**, Гудовский П.Г. Ацетальдегид в атмосферном воздухе г. Красноярск - Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т.4. № 1. С. 106-112.

9. Всероссийская конференция XIII Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу 15-19 октября 2019 г., г. Томск

Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н. Оценка влияния различных атмосферных условий на потоки CO₂ для лесных экосистем Сибири по данным моделирования - XIII Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу, г. Томск, Россия, 15 — 19 октября, 2019 г., С. 208-209.

Немировская Л.Г. Некоторые результаты оценки режима периодов недостаточного увлажнения (определённых по критерию, дифференцированно учитывающего режим осадков в эти периоды), как индикатора региональных климатических изменений, на

основе создания специализированных банков данных изучаемых периодов, для юго-востока Западной Сибири. - Тезисы докладов на XIII Сибирском совещании и школе молодых учёных по климато-экологическому мониторингу: г. Томск, 15-19 октября 2019 г., с. 88-89.

**10. Конференция «М.А. Петросянец и отечественная метеорология».
(К 100-летию со дня рождения М.А. Петросянца), г. Москва, 21-22 ноября 2019 г.**

Немировская Л.Г. Изучение особенностей изменчивости режима увлажнения (на примере оценки характеристик режима осадков, определённых по нескольким критериям) как индикатора региональных климатических изменений, с помощью создания специализированных массивов их данных, для юго-востока Западной Сибири. – Доклад и тезисы докладов на конференции «М.А. Петросянец и отечественная метеорология». (К 100-летию со дня рождения М.А. Петросянца), г. Москва, 21-22 ноября 2019 г., с.47.

**11. Рабочее совещание-семинар синоптиков ФГБУ «Уральское УГМС»
«Вопросы метеорологического прогнозирования на основе современных технологий и анализа опасных метеорологических явлений» г. Екатеринбург, 15-16 октября 2019 года**

Здерева М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А., Воробьева Л.П. Современные технологии интерпретации численных прогнозов атмосферных процессов и прогнозов погоды// Доклад на рабочем совещании-семинаре синоптиков ФГБУ «Уральское УГМС»

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

**Перечень публикаций в реферируемых научных изданиях
ФГБУ «СибНИГМИ» за 2019 год**

Web of Science

- 1 Antokhina O Yu., Antokhin P N., **Martynova Yu V.** Methane emissions from wildfires in Siberia caused by the atmospheric blocking in the summertime [Электронный ресурс] // XY December Proceedings of SPIE. 2019. V. 11208. CID: 11208 6N. [11208-21]; doi: 10.1117/12.2538657
- 2 Antokhina O. Yu., Antokhin P.N., **Martynova Yu.V.**, Mordvinov V.I. The Linkage of the Precipitation in the Selenga River Basin to Midsummer Atmospheric Blocking // Atmosphere 2019, 10(6), 343; (<https://doi.org/10.3390/atmos10060343>) (*Scopus, WoS*)
- 3 Antokhina O.Y., Antokhin P.N., **Martynova Yu.V.**, Estimation of methane emissions from wetlands and most extreme fires in Western Siberia based on MACC / CAMS and GFED data // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 386, 012032; doi: 10.1088/1755-1315/386/1/012032.
- 4 **Burakov, D.A.**, Karepova, E.D., Shan'Ko, Yu.V. Model of flow propagation in a river channel taking into account disparity in the "water stage vs water volume" curves corresponding to the rise and recession of a flood wave - 2019 - IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 232(1),012002
- 5 **Gochakov A. V.**, Alexey V. Penenko, Pavel N. Antokhin, **Alexey B. Kolker** Urban canopy surface description by using geospatial data for air quality modeling and estimation tasks // Proceedings of the All-Russian Conference "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2019), Berdsk, Russia, August 26-30, 2019, 344-348.
- 6 Kurgansky, M.V., **Krupchatnikov, V.N.** Dynamic Meteorology Research in Russia, 2015–2018 // Izvestiya - Atmospheric and Ocean Physics. 2019. Том 55, №6, с. 505-536. <https://doi.org/10.1134/S0001433819060070>

7 **Martynova Yu.V., Krupchatnikov V.N.** Assessment of the response of Russian forest ecosystems to different climatic conditions from model data // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 386, 012018 doi: 10.1088/1755-1315/386/1/012018

8 Penenko, V. V.; Penenko, A. V.; Tsvetova, E. A. & **Gochakov, A. V.** Methods for Studying the Sensitivity of Air Quality Models and Inverse Problems of Geophysical Hydrothermodynamics // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, Pleiades Publishing Ltd, 2019, Том 60, Выпуск 2, с. 392-399 WOS, SCOPUS

Публикации в рецензируемых журналах

1 Kazdorf, S.Ya., Pershina, Zh.S. **Kolker, A.B.** Development and research of hand segmentation algorithms on the image based on convolutional neural networks (Conference Paper) // Procedia Computer Science - Volume 150, 2019, Pages 450-454 -13th International Symposium on Intelligent Systems, INTELS 2018; St. Petersburg; Russian Federation; 22 October 2018 до 24 October 2018; Код 147013

2 **Klevtsova Yu. Yu.** On integral properties of stationary measures for the stochastic system of the quasi-solenoidal Lorenz model describing a baroclinic atmosphere// Уфимская осенняя математическая школа. - Сборник тезисов Международной научной конференции. Уфа: Изд-во БашГУ, 2019. С. 108-109(РИНЦ)

3 **Krupchatnikov V., Martynova Yu., Borovko I.,** Platov G. On the relationship between the variability of the mean flow and eddies with systematic errors in the models - В сб: CITES '2019 Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде. 2019. С. 14-16.

4 Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Каталог атмосферных осадков и их статистические характеристики для бассейна р. Селенги (июль) - В сб. Всероссийская научно-практическая конференция Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России, 5-7 июня 2019 г. С. 370-382.

5 Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Соотношение эмиссий метана от болот и наиболее экстремальных пожаров в Западной Сибири на основе данных МАСС/CAMS и GFED - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "CITES-2019", г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 207-211.

6 Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.** Эмиссии метана от пожаров в Сибири в периоды атмосферного блокирования в летний период - Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXV Международного симпозиума. Электронный ресурс. Томск: Издательство ИОА СО РАН. 2019. ISBN 978-5-94458-176-1. С. D-44 – D-47. <https://symp.iao.ru/files/symp/aoo/25/D.pdf>

7 Антохина О.Ю., Антохин П.Н., **Мартынова Ю.В.,** Мордвинов В.И. Особенности атмосферного блокирования и связанных с ним погодных экстремумов в Сибири в период потепления Арктики 1996-2019 - Всероссийская конференция "Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования"// Москва, Россия, 26 – 28 ноября 2019 г., С. 28 (СибНИГМИ + ИМКЭС) (стенд)

8 **Гочаков А.В.,** Пененко А.В., **Колкер А.Б.,** Антохин П.Н. Описание урбанизированной поверхности с использованием геопространственных данных для задач моделирования и оценки качества воздуха - В сборнике: Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019) - Сборник трудов всероссийской конференции с международным участием. 2019. С. 344-348.

9 **Завалишин Н.Н.** Адаптация модели Миланковича к анализу современного изменения климата. - Труды First International Conference «The Life and Work of Milutin Milanković: Past, Present, Future». 19-21 июля, Белград, Сербия.

10 **Здерева М.Я.,** Воловлиная М.С. Результаты испытания автоматизированной технологии прогноза температуры воздуха на базе комплексирования выходной продукции

различных моделей в холодный период в оперативно-прогностических подразделениях ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» - Информационный сборник № 46 «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов», М. 2019. С. 30 -42

11 **Колкер А.Б., Гочаков А.В., Воронина Л.А., Брусенко Е.А., Белая Н.И.** Автоматизированная Web-технология выдачи ранжированных рядов экстремально теплых (холодных) и влажных (сухих) лет по станциям Западно-Сибирского УГМС - Информационный сборник № 46 «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов», М. 2019. С. 43-55.

12 **Колкер А.Б., Дубров С.С.** Микроконтроллерная реализация распределенной доставки ZMQ сообщений для интернета вещей // Cloud of Science. 2019.Т. 6. No 4 <http://cloudofscience.ru> ISSN 2409-031X

13 **Колкер А.Б., Резник Л.Е.** Результаты испытания прогноза максимальной скорости ветра на 24–36 ч по Г. Кургану по данным модели COSMO-RU14 - Информационный сборник № 46 «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов», М. 2019. С. 3 -18

14 **Конonenко С.М., Старостина Т.В., Топоров В.М.** Спутниковые данные в прогнозе урожайности пшеницы для районов Кемеровской области - Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4. № 1. С. 11-18.

15 **Крупчатников В., Мартынова Ю., Боровко И., Платов Г.** О связи изменчивости среднего потока и вихрей с систематическими ошибками в моделях - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 14-16.

16 **Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н.** Оценка вариации потоков CO₂ для лесных экосистем России в условиях климатических изменений с помощью модели JSBACH - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде “СITES-2019”, г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 125-128.

17 **Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н.** Оценка влияния различных атмосферных условий на потоки CO₂ для лесных экосистем Сибири по данным моделирования - XIII Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу, г. Томск, Россия, 15 — 19 октября, 2019 г., С. 208-209.

18 **Махнорылова С.В., Толстых М.А.** Инициализация влагосодержания деятельного слоя подстилающей поверхности для многослойной параметризации почвы в глобальной модели атмосферы ПЛАВ. - Сборник трудов международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2019”, 27 мая – 6 июня 2019 г., Москва, Россия, стр. 196-199.

19 **Михайлюта С.В., Леженин А.А., Гудовский П.Г.** Ацетальдегид в атмосферном воздухе г. Красноярска - Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т.4. № 1. С. 106-112. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-4-1-106-112 eLIBRARY ID: 41249981

20 **Немировская Л.Г.** Изучение особенностей изменчивости режима увлажнения (на примере оценки характеристик режима осадков, определённых по нескольким критериям) как индикатора региональных климатических изменений, с помощью создания специализированных массивов их данных, для юго-востока Западной Сибири. Тезисы докладов на конференции «М.А. Петросянц и отечественная метеорология». (К 100-летию со дня рождения М.А. Петросянца), г. Москва, 21-22 ноября 2019 г., с.47.

21 **Немировская Л.Г.** Некоторые результаты оценки режима периодов недостаточного увлажнения (определённых по критерию, дифференцированно учитывающего режим осадков в эти периоды), как индикатора региональных климатических изменений, на основе создания специализированных банков данных изучаемых периодов, для юго-востока Западной Сибири. - Тезисы докладов на XIII

Сибирском совещании и школе молодых учёных по климато-экологическому мониторингу: г. Томск, 15-19 октября 2019 г., с. 88-89.

22 Пененко В.В., Пененко А.В., Цветова Е.А., **Гочаков А.В.** Методы исследования чувствительности модели качества атмосферы и обратные задачи геофизической гидротермодинамики - Прикладная механика и техническая физика. 2019. Т. 60. № 2 (354). С. 238-246.

23 Платов Г. А., Рапуга В.Ф., **Крупчатников В. Н.**, Голубева Е. Н., Малахова В. В., Леженин А. А., Боровко И. В., Крылова А. И., Якшина Д.Ф., Крайнева М. В., Кравченко В. В., Коробов О. А. Создание и развитие многокомпонентного комплекса моделей гидродинамических процессов Земли - Проблемы информатики, 2019, № 2, с.4-35 (**ВАК**, РИНЦ).

24 **Ромасько В.Ю.**, Гордеев И.Н., **Бураков Д.А.** Оценка снегозапасов по данным микроволнового радиометра AMSR-2 - В сборнике трудов Всероссийской конференции с международным участием "Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов" ИВТ СО РАН, Новосибирск. 2019. С. С. 451-455

25 **Старостина Т.В.**, **Кононенко С.М.**, Гусарова Т.Ю. Результаты испытания методов прогноза урожайности картофеля, многолетних и однолетних трав по Омской области - Информационный сборник № 46. - 2019. – с. 56-59.

26 **Токарев В.М.** **Здерева М.Я.** Применение бинарных деревьев решений для прогноза метеорологических явлений - В сборнике: Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России - Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 55-летию кафедры гидрологии и природопользования ИГУ. 2019. С. 70-80.

27 **Токарев В.М.**, **Здерева М.Я.** Многомерное представление и анализ данных стационарных наземных наблюдений за концентрациями примесей для верификации гидродинамических моделей // Сб. трудов Всероссийской конференции с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» г. Бердск .26-30 августа 2019. –С.204-206 (РИНЦ).

28 Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., **Травова (Махнорылова) С.В.**, Гойман Г.С., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Шляева А.В., Юрова А.Ю. Развитие глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ в 2009–2019 гг. - Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. No 4 (374). С. 77-91.

29 Усова Е.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., **Мартынова Ю.В.** Исследование изменений вихревых и адвективных потоков тепла на юго-востоке Западной Сибири - Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "СITES-2019", г. Москва, Россия, 27 мая - 6 июня, 2019 г., С. 107-110.