

УДК 551.5

Долгосрочные метеорологические прогнозы в Гидрометцентре России / Вильфанд Р.М., Зарипов Р.Б., Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Крыжов В.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А., Толстых М.А., Хан В.М. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 12-36.

Рассматриваются основные методы прогноза, используемые в оперативной практике Гидрометцентра России. Подчеркивается особая роль развития и совершенствования гидродинамических моделей в целях увеличения предсказуемости и повышения качества прогнозов. Представлены основные виды официальной и экспериментальной продукции, выпускаемой Гидрометцентром России и СЕАКЦ. В рамках концепции MOS с целью повышения качества прогнозов приземной температуры и осадков реализована схема статистической интерпретации гидродинамических прогнозов, полученных на базе модели ПЛАН. Показана важная роль ансамблевых, в том числе мультимодельных, прогностических систем для прогноза характеристик экстремальных метеорологических явлений на сезонных и внутрисезонных масштабах времени. Продемонстрированы возможности прогнозирования волн тепла на внутрисезонных (до 45 суток) интервалах времени на базе гидродинамического моделирования. Представлены примеры консенсусных прогнозов, выпускаемых в ходе сессий Северо-Евразийских климатических форумов. Определены основные направления и перспективы дальнейшего развития и совершенствования методов долгосрочных прогнозов.

Ключевые слова: технологическая линия, глобальные долгосрочные прогнозы, синоптико-статистическая интерпретация, индексы циркуляции, оценки качества прогнозов, консенсусные прогнозы

Табл. 1. Ил. 8. Библ. 45.

УДК 551.509.3(47+57-25)

Система краткосрочного численного прогноза высокой детализации COSMO-Ru, ее развитие и приложения / Ривин Г.С., Розинкина И.А., Астахова Е.Д., Блинов Д.В., Бундель А.Ю., Кирсанов А.А., Шатунова М.В., Чубарова Н.Е., Алферов Д.Ю., Варенцов М.И., Захарченко Д.И., Копейкин В.В., Никитин М.А., Полюхов А.А., Ревокатова А.П., Татаринovich Е.В., Чурюлин Е.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 37-53.

В Гидрометцентре России начиная с 2009 г. функционирует оперативная система COSMO-Ru регионального краткосрочного численного прогноза погоды для территории России и прилегающих регионов с шагами сеток от 13,2 до 1 км, признанная на основе оперативных испытаний 2011, 2016 и 2018 гг. базовой отечественной технологией численного краткосрочного прогноза погоды. Эта система полностью соответствует уровню ведущих метеослужб мира как по показателям успешности прогнозов, так и по примененным технологическим решениям. Продукция COSMO-Ru четыре раза в сутки рассылается в подавляющее большинство прогностических центров Росгидромета, являясь одной из наиболее востребованных.

Система COSMO-Ru и входящие в ее состав конфигурации COSMO-Ru негидростатической модели COSMO одноименного консорциума находятся в постоянном развитии, в частности, благодаря тесному партнерству со специалистами стран консорциума, а также регулярному обновлению консорциумом версий модели COSMO. В свою очередь, разработки российских специалистов внедрены либо находятся на стадии внедрения в комплексы программных средств консорциума. Применение современных технологических решений позволяют адаптировать COSMO-Ru к широкому спектру задач метеорологического обеспечения и приложений. Важным примером является создание специальных версий для метеобеспечения зимних Олимпийских и Паралимпийских игр в Сочи 2014 года, Универсиады Казань-2013 и Универсиады Красноярск-2019 на сетках 2,2 км, для горных районов – 1,1 км. В 2018 г. началась разработка версии на сетках с шагом 1 км и менее для Московского региона с описанием урбанизированных территорий, что позволит прогнозировать погоду по частям города. Ввод в эксплуатацию нового суперкомпьютера Росгидромета является залогом поддержания достигнутого уровня отечественных высокодетальных технологий численных прогнозов и их развития.

Ключевые слова: численный прогноз погоды, негидростатическая модель атмосферы, конфигурация модели.

Табл. 1. Ил. 8. Библ. 39.

УДК 551.509.3(47+57-25)

Развитие систем детерминированного и ансамблевого численного прогнозирования погоды на основе глобальной спектральной модели атмосферы Гидрометцентра России в 2009-2019 гг. / Розинкина И.А., Астахова Е.Д., Цветков В.И., Алферов Ю.В., Пономарева Т.Я., Никитин А.Е., Васькова Д.В., Копейкин В.В., Чурюлин Е.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 54-76.

Система численного прогноза погоды на основе глобальной спектральной модели атмосферы Гидрометцентра России в период 2009–2019 гг. развивалась по следующим направлениям: а) повышение пространственной детализации от T85L31 с горизонтальным разрешением около 120×145 км в умеренных широтах к T169L31 (60×72 км) и T339L31 (30×36 км). Разрешение T339L31 соответствует β-мезомасштабу, позволяя моделировать циркуляции барических образований размером до 150–200 км (тропических циклонов на ранних стадиях, арктических мезо-циклонов), что не удавалось выполнить на предшествующих версиях модели. Подготовлены версии модели с 63 вертикальными уровнями; б) развитие системы ансамблевого прогнозирования: в 2015 г. введена в оперативный режим счета и выпуска графической продукции первая российская глобальная система среднесрочных ансамблевых прогнозов, включающая полный цикл вычислений и обработки данных, соответствующих требованиям ВМО к ансамблевым технологиям мировых метеорологических центров. С 2019 года, после существенных дополнений технологий автоматизированной обработки информации Гидрометцентра России, в сеть международного обмена стала поступать цифровая продукция ансамблевого прогнозирования ММЦ Москва; в) создание технологии формирования данных на границах области вычислений для системы регионального численного краткосрочного прогноза COSMO-Ru в целях резервирования поступления зарубежной продукции. В 2018–2019 гг. на основе системы моделирования по T339L31 был разработан и протестирован прототип такой технологии.

Ключевые слова: численный прогноз погоды, ансамблевый прогноз погоды, спектральная модель атмосферы, оценки успешности прогнозов погоды, мезомасштабные процессы

Ил. 11. Библ. 19.

УДК 551.509.5

Развитие глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ в 2009–2019 гг. / 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. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 77-91.

В статье рассмотрены работы, выполненные по развитию модели атмосферы ПЛАВ в последнее десятилетие, и их результаты. Представлены версии модели, применяемые для оперативного среднесрочного прогноза, а также версии модели для долгосрочного прогноза погоды. Результаты проиллюстрированы графиками эволюции ошибок прогнозов различных метеорологических полей за период 2012–2019 гг. Представлены планы развития модели, в том числе ведутся работы по созданию глобальной модели атмосферы нового поколения, основанной на полных негидростатических уравнениях. В статье описаны выбранные подходы к разработке динамического ядра будущей модели.

Ключевые слова: численный прогноз погоды, глобальная модель общей циркуляции атмосферы, решение уравнений динамики атмосферы, параметризации процессов подсеточного масштаба, среднесрочный прогноз погоды

Ил. 3. Библ. 41.

УДК 551.509.313+551.509.324.2+551.508.85

Наукастинг метеорологических параметров и опасных явлений: опыт реализации и перспективы развития / Киктев Д.Б., Муравьев А.В., Смирнов А.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 92-111.

Малый временной интервал наукастинга (до 2–6 ч) и наличие пространственно-временной инерции погодных систем делают возможным прогнозирование с помощью статистической экстраполяции текущей погоды, при этом прогноз на последующие сроки – с растущим влиянием нелинейности – все больше базируется на гидродинамическом моделировании.

В статье обсуждаются основные подходы к решению задач наукастинга, рассматриваются технологии, используемые в Гидрометцентре России, и формулируются соображения о перспективах мировых и отечественных разработок в данной области прогнозирования.

Ключевые слова: наукастинг, сверхкраткосрочный прогноз погоды, статистическое и гидродинамическое моделирование, комбинированные прогнозы, радиолокационные оценки осадков, бесшовное прогнозирование, метеорологическое обеспечение Олимпийских Игр

Ил. 4. Библ. 36.

УДК 551.506.9

Развитие системы оперативного усвоения данных метеорологических наблюдений в Гидрометцентре России / Цырульников М.Д., Свиренко П.И., Гайфулин Д.Р., Горбунов М.Е., Успенский А.Б. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 112-126.

В статье описывается система оперативная усвоения данных метеорологических наблюдений Гидрометцентра России на основе трехмерного вариационного подхода (3D-Var). Кратко описывается использованная в ней и разработанная авторами модель трехмерных ковариаций полей ошибок первого приближения на основе трехмерных фильтров авторегрессии и скользящего среднего и ее многомасштабное обобщение, позволившее построить вычислительно эффективную схему анализа высокого пространственного разрешения. Основным направлением развития системы усвоения данных является включение ансамблевого прогноза для задания ковариаций ошибок первого приближения и внедрение вариационно-ансамблевой схемы анализа. Большое внимание уделяется эффективному усвоению спутниковых наблюдений, в том числе отечественных. Приводятся методика и результаты экспериментального усвоения данных наблюдений микроволнового радиометра МТВЗА-ГЯ и инфракрасного гипер-спектрального Фурье-спектрометра ИКФС-2. Описывается новая методика обработки радиозатменных наблюдений, направленная на уменьшение смещений в нижней тропосфере, и приводятся полученные результаты.

Ключевые слова: усвоение данных, прогноз погоды, спутниковые наблюдения, ансамблевый прогноз

Табл. 1. Ил. 6. Библ. 23.

УДК 551.509.32

Прогноз опасных конвективных явлений погоды в летний период года / Алексеева А.А., Лосев В.М. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 127-143.

Представлены результаты исследований последнего десятилетия, достигнутые в прогнозе опасных конвективных явлений погоды в летний период года. Рассматриваются научные основы методов прогноза и пути реализации их на практике. Уделено внимание автоматизированным методам прогноза с заблаговременностью до 24 ч, сильных осадков и шквалов в трех градациях интенсивности, рекомендованных Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета к внедрению в практику в 2011 г. в качестве фоновых прогнозов. Отмечено, что созданный в Гидрометцентре России программный комплекс прогноза неблагоприятных и опасных конвективных явлений погоды реализует прогноз ливней, шквалов и града, связанных с развитием зон активной конвекции в теплое полугодие, и их комплексов с детализацией типа и интенсивности явления, а также прогноз, когда с такими явлениями связан ущерб. Показаны способы уточнения автоматизированных прогнозов (места и времени возникновения опасных конвективных явлений) с использованием информации доплеровских локаторов.

Ключевые слова: прогноз, опасные конвективные явления, летний период года, ливень, шквал, град, диагноз, радиолокационные данные

Ил. 7. Библ. 18.

УДК 551.5

О роли синоптика в технологии подготовки краткосрочных прогнозов погоды / Васильев А.А., Вильфанд Р.М. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 144-148.

Подчеркивается, что основная задача синоптика состоит в отделении от прогнозов, полученных по численным моделям, шумовых эффектов, обусловленных несовершенством модели, и устранении этих эффектов. При этом синоптику необходимо постоянно совершенствовать знания об условиях развития и физической структуре опасных явлений. Необходимо также знать характеристики используемых численных моделей и условия параметризации мезомасштабных процессов. Важная роль принадлежит также использованию новых видов наблюдений (спутниковых и радиолокационных данных) и учету региональных и локальных эффектов.

Ключевые слова: роль синоптика, краткосрочный и сверхкраткосрочный прогноз погоды, численное моделирование, синоптическая корректировка, эмпирическое определение систематических ошибок

Библ. 5.

УДК 551.41

Морские гидрологические прогнозы и оперативная океанология в Гидрометцентре России / Думанская И.О., Зеленко А.А., Мысленков С.А., Нестеров Е.С., Попов С.К., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 149-183.

Представлена информация о развитии в Гидрометцентре России работ в рамках сравнительно нового раздела физической океанологии, связанного с получением диагностических и прогностических оценок состояния океанов и морей в оперативном режиме. Круг решаемых к настоящему времени задач оценки текущего и ожидаемого состояния морской среды и, соответственно, состав получаемой в результате их решения информации определяется уровнем взаимного развития главных составляющих оперативной океанологии: наблюдательной системы, гидродинамических моделей и соответствующих вычислительных технологий, обеспечивающих получение интересующих потребителей оценок основных гидрофизических полей. Рассматриваются история развития морских прогнозов и разработки Гидрометцентра России последнего десятилетия, обеспечивающие регулярный выпуск оперативной информационной продукции: система усвоения океанографических данных, технология прогнозирования течений и уровня в морях России, комплексная система прогнозирования параметров ветрового волнения в Мировом океане и морях России с детализацией прогнозов в прибрежной зоне на сроки до 3–5 суток, методика прогноза опасного волнения в Северной Атлантике с увеличенной заблаговременностью до 10–15 суток, ледовые прогнозы для неарктических морей России. Обозначены перспективы дальнейшего развития морских прогнозов.

Ключевые слова: морские прогнозы, оперативная океанология, наблюдательные системы, гидродинамические модели, усвоение данных, ветровые волны, течения, уровень моря, морские льды.

Табл. 2. Ил. 11. Библ. 72.

УДК 556.06

Современное состояние и перспективы совершенствования системы оперативного гидрологического прогнозирования в Гидрометцентре России / Бельчиков В.А., Борщ С.В., Павроз Ю.А., Романов А.В., Сильницкая М.И., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 184-202.

В статье рассматриваются результаты работы отдела речных гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России» за последнее десятилетие. Эти работы были направлены на совершенствование и внедрение новых методов прогнозирования гидрологического режима рек и водохранилищ, совершенствование наблюдательной сети Росгидромета, разработку и внедрение автоматизированных систем выпуска гидрологических прогнозов, на развитие методов верификации гидрологических прогнозов и их представления в вероятностной форме. Дается оценка современного состояния отечественной системы оперативного гидрологического прогнозирования, рассматриваются перспективы ее совершенствования на основе отечественного и мирового опыта с учетом современных технологий и необходимости повышения эффективности использования водных ресурсов и защиты от опасных гидрологических явлений.

Ключевые слова: система оперативного гидрологического прогнозирования, водный и ледовый режим рек и водохранилищ, автоматизированные системы выпуска прогнозов, верификация прогнозов, вероятностная форма выпуска прогнозов

Ил. 2. Библ. 14.

УДК 504.3.054, 504.75

Система прогнозирования качества воздуха на основе химических транспортных моделей / Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Нахаев М.И., Ткачева Ю.В., Ривин Г.С., Кирсанов А.А., Борисов Д.В., Лезина Е.А. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 203-218.

Описана созданная в Гидрометцентре России в последние годы система численного оперативного прогнозирования загрязнения воздуха. Расчеты концентраций загрязняющих веществ выполняются химическими транспортными моделями CHIMERE и COSMO-ART с усвоением метеорологических прогностических данных системы COSMO-Ru7 и данных эмиссий EMEP, TNO. Обсуждаются проблемы качества эмиссий глобальных кадастров, способы их коррекции с учетом специфики регионального загрязнения воздуха. Кратко описана разработанная методика подготовки данных о реальных выбросах городского автотранспорта для усвоения их химической транспортной моделью. Приводятся примеры эффективного применения постпроцессинга модельных расчетов концентраций. Представлены направления развития системы прогнозирования качества воздуха с применением ХТМ.

Ключевые слова: прогноз качества воздуха, химическая транспортная модель, региональная адаптация эмиссий, выбросы автотранспорта

Табл. 2. Ил. 4. Библ. 28.

УДК 551.5:633.528.8

Современное состояние и проблемы агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства России / Страшная А.И., Береза О.В., Тарасова Л.Л., Максименкова Т.А., Шульгин И.А., Пурина И.Э., Чекулаева Т.С. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 219-240.

Рассматривается современное состояние и проблемы оперативного агрометеорологического обеспечения аграрного сектора экономики России на федеральном уровне в условиях наблюдаемого изменения агроклиматических ресурсов. Дан краткий анализ агрометеорологических наблюдений гидрометстанций Росгидромета. Описаны созданные рабочие места агрометеорологов в программно-технологическом комплексе PROMETEI для автоматизированной обработки гидрометеорологической информации, приводятся примеры визуализации агрометеорологического мониторинга по декадным данным. Изложены результаты новых исследований в области агрометеорологического прогнозирования на основе наземных наблюдений, а также на основе комплексирования наземных данных и спутниковой информации. Предложены новые методы прогнозов урожайности озимой пшеницы, зерновых и зернобобовых культур, в том числе и с учетом условий перезимовки озимых зерновых культур, подсолнечника. Изложены новые методы расчета сроков сева озимых зерновых культур и количественной оценки их состояния ко времени прекращения вегетации осенью по данным наземных и спутниковых наблюдений. Приводятся результаты исследования адекватности идентификации засух и увлажненности территорий по стандартизованному индексу осадков в сравнении с гидротермическим коэффициентом увлажнения. Представлены результаты исследований совместного оперативного анализа наблюдений гидрометстанций и спутниковых данных о влагозапасе почвы.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агрометеорологическое обеспечение, агроклиматические ресурсы, запасы продуктивной влаги, атмосферная засуха, состояние посевов, прогноз урожайности, дистанционное зондирование Земли, вегетационный индекс NDVI, спутниковый мониторинг, автоматизированные технологии мониторинга.

Ил. 10. Библ. 35.

УДК 551.5:001.891.57

Прогноз погоды для авиации на основе продукции численных моделей атмосферы / Шакина Н.П. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 241-256.

Авиация – основной и наиболее требовательный потребитель метеорологической информации – нуждается в краткосрочном и сверхкраткосрочном прогнозе явлений погоды и метеорологических величин, многие из которых в настоящее время не предвычисляются в современных численных моделях. Сюда относятся: скорость ветра в струйных течениях, высота уровня максимального ветра, высота тропопаузы, зоны турбулентности в ясном небе и зоны возможного обледенения самолетов, характеристики атмосферной конвекции, высота нулевой изотермы, высота нижней границы облаков и многое другое. Методы прогноза таких явлений и величин в течение последних 40 лет разрабатываются в Отделе авиационной метеорологии путем пост-процессинга выходной продукции глобальных и региональных численных моделей, оперативно используемых в Гидрометцентре России. Для таких разработок необходимо, с одной стороны, глубокое понимание физики изучаемых явлений, умение применять к практическим задачам достижения динамической метеорологии; с другой – наличие баз данных специальных наблюдений (в частности, аэродромных наблюдений в коде METAR) и модельных прогностических полей. Создание и пополнение таких баз – одно из важных направлений работы отдела.

Важнейшим участком работы отдела является оперативное прогнозирование условий полета на верхних и средних уровнях атмосферы, осуществляемое лабораторией зональных прогнозов отдела авиационной метеорологии. Синоптики лаборатории выпускают ежесуточно 24 прогностических карты, передаваемые авиационным потребителям по каналам связи. Прогнозы условий полетов на нижних уровнях размещаются в интернете на специальном портале Росгидромета (низкая и конвективная облачность и ее границы, турбулентность, зоны обледенения, нулевая изотерма как результат пост-процессинга продукции модели COSMO-Ru7).

Ключевые слова: пост-процессинг, численный прогноз, струйные течения, тропопауза, турбулентность, обледенение, конвекция, низкая облачность, базы данных, аэродромные наблюдения, особые явления для авиации, прогноз условий полета на верхних, средних и нижних уровнях

Ил. 3. Библ. 42.

УДК 551.5

Автоматизированная технология Гидрометцентра России для оперативной обработки информации в высокопроизводительной кластерной инфраструктуре / Степанов Ю.А., Жабина И.И., Пурина И.Э., Недачина А.Ю., Елисеев Г.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 257-285.

ФГБУ «Гидрометцентр России» как Мировой метеорологический центр ВМО (ММЦ Москва) осуществляет в соответствии с установленным регламентом подготовки и выпуска информационной (прогностической) продукции сложную обработку большого потока разнородной информации с использованием автоматизированной технологии оперативной обработки информации (АСООИ-ГМЦ), разработанной и развиваемой специалистами ФГБУ «Гидрометцентр России». Главное назначение АСООИ-ГМЦ состоит в организации централизованного, регламентированного по времени запуска, взаимно скоординированного по данным и управлению счета множества различных прогностических и специализированных прикладных задач, принадлежащих различным гидрометеорологическим областям, и обеспечении их взаимодействия посредством баз данных коллективного пользования. Неотъемлемой частью технологии являются программные комплексы приема, декодирования и размещения в соответствующих базах данных входной гидрометеорологической информации, а также формирования на основе информационной базы АСООИ выходной продукции в различных форматах, предназначенной для локального использования, в том числе на рабочих местах программно-технологического комплекса Прометей, и распространения в сетях АСПД и ГСТ для внешних потребителей оперативной прогностической продукции Гидрометцентра России.

Результаты оперативной эксплуатации АСООИ-ГМЦ на различных автономных оперативных серверах Гидрометцентра России показали ее работоспособность, высокую надежность и востребованность потребителями.

По мере оснащения ММЦ Москва высокопроизводительными кластерными платформами, включая Торнадо, развивались и адаптировались функциональные возможности технологии АСООИ-ГМЦ. В настоящее время эти работы ведутся на новом суперкомпьютере CRAY-XC40.

Ключевые слова: кластер, интегрированная среда разработки, IDE, трехзвенная архитектура управления, язык программирования, объектно-ориентированный подход, масштабируемость, портируемость, журналирование событий, транзакция.

Табл. 5. Ил. 6. Библ. 10.

УДК 551.5

Опыт метеорологического обеспечения крупных спортивных мероприятий в Российской Федерации в 2010-2019 гг. / Лукьянов В.И., Дмитриева Т.Г., Васильев Е.В., Заимских Г.А. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 286-309.

На основе опыта проведения в России в последнее десятилетие крупных спортивных мероприятий: Зимних Олимпийских и Паралимпийских Игр в Сочи в 2014 г., Чемпионата мира по футболу в 2018 г., Зимней Универсиады в Красноярске в 2019 г. и др. – представлены концепция и особенности метеорологического обеспечения спортивных соревнований на открытом воздухе в зимний период в условиях сложной орографии. На примере Зимних Олимпийских и Паралимпийских Игр Сочи-2014 и Зимней Универсиады-2019 рассмотрена система метеорологического обеспечения подобных мероприятий, которая должна включать в себя организацию подсистем наблюдений, метеорологических прогнозов, сбора и передачи информации, подбора и обучения синоптического и технического персонала и т. д., а также организация взаимодействия между командой специалистов Росгидромета и оргкомитетами соревнований, спортивными международными и национальными федерациями и средствами массовой информации. Представлены виды выпускаемой прогностической продукции и требования к ним, проанализированы сложности, возникающие при прогнозировании.

Сделан вывод, что для успешного метеорологического обеспечения крупных спортивных мероприятий и для удовлетворения современных требований потребителя необходимо выполнение комплекса мероприятий, включающего организацию плотной трехмерной наблюдательной сети с учащенным режимом наблюдений, разработку численных моделей прогноза высокого пространственного и временного разрешения, тщательное изучение местных климатических особенностей и качественный анализ и интерпретацию всего объема фактической и прогностической информации синоптиками.

Ключевые слова: метеорологическое обеспечение, спортивные соревнования на открытом воздухе, детализированный прогноз, численная модель высокого разрешения, зимние Олимпийские игры в Сочи 2014 года, Всемирная зимняя Универсиада 2019 года в Красноярске

Табл. 1. Ил. 3. Библ. 6.