

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2022-1-128-164>

УДК 551.5

Анализ опыта метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий

Т.Г. Дмитриева, Е.В. Васильев, В.И. Лукьянов

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
tdsin@mecom.ru, syno@inbox.ru, lvi@mecom.ru*

Проведен анализ опыта метеорологического обеспечения международных спортивных и культурно-массовых мероприятий на базе созданной концепции Росгидромета, включающей комплексную систему разработки высокодетализированных прогнозов погоды, основанных на применении результатов численных расчетов моделей с высоким пространственно-временным разрешением. Показано, что разработанная концепция применима к метеорологическому обеспечению Москвы как мегаполиса. Концепция находится в стадии развития и адаптации к любому мероприятию, проводимому на открытом воздухе. Особое внимание уделено диагностике опасных явлений погоды с использованием дистанционного зондирования атмосферы и данных наблюдательных станций. Актуальность полученных результатов подтверждается использованием представленных наработок при подготовке проведения метеорологического обеспечения XXXII Всемирной летней Универсиады 2023 года в г. Екатеринбург.

Ключевые слова: спортивные и культурно-массовые мероприятия, специализированный и высокодетализированный прогноз погоды, определяющие факторы метеорологического обеспечения, локальные метеоофисы, концепция метеорологического обеспечения мероприятий, комплексная система прогноза погоды, специализированный веб-интерфейс, модели высокого пространственно-временного разрешения

Analyzing experience of weather services for sports and cultural events

T.G. Dmitrieva, E.V. Vasil'ev, V.I. Luk'yanov

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation,
Moscow, Russia
tdsin@mecom.ru, syno@inbox.ru, lvi@mecom.ru*

The experience of weather services for international sports and cultural events is analyzed on the basis of the developed Roshydromet concept, which includes a comprehensive system for the development of high-detail weather forecasts based on the application of the results of numerical weather prediction with high spatial and temporal resolution. It is shown that the developed concept is applicable to weather services for Moscow as a megalopolis. The concept is under development and adaptability of use to any outdoor event. Special attention is paid to the diagnosis of severe weather events using remote sensing of the atmosphere and observations at weather stations. The relevance of the

results is confirmed by the application of the presented approaches during the preparation of weather services for the 2023 FISU Summer World University Games in Yekaterinburg.

Keywords: sports and cultural events, specialized high-detail weather forecast, key factors of weather services, local weather offices, the concept of weather services, integrated weather forecasting system, specialized web interface, high-resolution models.

Введение

Большое внимание в мире уделяется гидрометеорологическому обеспечению массовых спортивных и специальных мероприятий, проводимых на открытом воздухе, таких как Олимпийские игры, Универсиады, международные военные Игры, Чемпионаты мира и Европы по футболу, различные фестивали и т. п., а в некоторых странах (например, в Китае) и проведению военных парадов. Такие мероприятия являются сильно метеозависимыми и уязвимыми от погодных условий и требуют очень точного прогноза конкретных параметров предстоящей погоды, и особенно времени и силы возможных опасных явлений. Современные требования, предъявляемые к метеорологическому обеспечению различных отраслей экономики, транспорта, общественно-политических и спортивных мероприятий, требуют новых подходов к решению задач их метеорологического обеспечения.

Для российских специалистов задачи по гидрометеорологическому обеспечению массовых спортивных мероприятий стали актуальными в первую очередь в связи с обеспечением XXII Олимпийских и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в г. Сочи, а затем ЧМ-2018 в России, XXIX Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске.

В настоящее время накоплен значительный опыт проведения гидрометеорологического обеспечения в России крупных спортивных соревнований и культурно-массовых мероприятий в мегаполисе на примере Москвы, который позволяет систематизировать современные требования к метеобеспечению подобных мероприятий и предложить общие принципы решения этих задач для дальнейшего их использования.

Особые требования к специализированным прогнозам

К такому виду специализированных прогнозов предъявляются особые требования: прогноз конкретных элементов в определенных условиях рельефа местности, высокая точность и детализация прогнозов по месту и времени, частое обновление, возможность заблаговременно прогнозировать опасные явления для принятия решений судейской коллегией, быстрота реагирования на условия и виды погоды для возможного предотвращения и смягчения последствий опасных явлений.

Разработка специализированных прогнозов, и особенно штормовых предупреждений опасных явлений, в том числе конвективных, имеет ряд определенных сложностей:

– возрастающая с каждым годом метеозависимость и метеоуязвимость современного общества и его социальных сфер (быстрые темпы развития экономики и общества, большое скопление населения в городах, большое количество разнообразного транспорта, проведение массовых крупномасштабных мероприятий в городах);

– повышение общественного спроса на прогнозы погоды и их точность, а значит и наличие обратной связи с потребителями;

– для условий конвективной, взрывной погоды сложность самого прогноза опасных конвективных явлений и их мониторинга;

– ограниченное время для изучения локальных особенностей региона проведения мероприятия и адаптации к ней моделей.

Все эти особенности ставят перед прогностической службой страны задачи повышения точности, заблаговременности и конкретности прогнозов, особенно опасных конвективных явлений, способных локально наносить ощутимый ущерб народному хозяйству и населению, срывать проведение запланированных массовых специализированных мероприятий, а также отработки взаимодействия с пользователями метеоинформации, в выпуске необходимой и востребованной специализированной метеорологической продукции, в большей популяризации метеоуслуг для населения и вниманию к уточнению прогнозов, в конкретной специальной подготовке метеорологов, способных в ограниченные сроки адаптироваться к прогнозированию в различных географических регионах.

Перед Росгидрометом со времен подготовки к проведению Олимпийских и Паралимпийских игр в Сочи в 2014 г. были поставлены задачи обеспечения гидрометеорологической безопасности массовых международных соревнований и внутренних общественных и спортивных мероприятий, проводимых на территории России, таких как Чемпионаты мира по горнолыжному спорту, Чемпионат мира по футболу в 2018 г., XXIX Всемирная зимняя Универсиада-2019 в Красноярске. Подготовка и проведение Олимпийских и Паралимпийских игр в Сочи в 2014 г. дали Росгидромету колоссальный опыт по организации массовых мероприятий на открытом воздухе, какого не было до сих пор. Правда, в 1980 г. в Москве проводились летние Олимпийские игры, но за прошедшие 30 лет уровень науки, техники и требований, предъявляемых к организации таких мероприятий, значительно вырос, что сказалось на качестве и детализации требуемой заказчиком прогностической и фактической информации. В связи с этим на основе проводимых мероприятий по подготовке к Олимпиаде Сочи-2014 Росгидрометом впервые в России была разработана концепция гидрометеорологического обеспечения Игр, которая развивалась и совершенствовалась по мере дальнейшего участия в обеспечении XXIX Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске. Все большее участие Росгидромета в обеспечении спортивных и культурно-массовых мероприятий различного уровня требует развития этого направления и создания общей методологии обеспечения

метеорологической безопасности подобных мероприятий, включающей в себя детальное описание системы прогнозирования и возможности предупреждения опасных метеорологических явлений круглогодично: среднесрочный прогноз на 4–10 дней; краткосрочный прогноз на 1–3 дня; раннее предупреждение до нескольких часов; непрерывный мониторинг.

Авторы рассматривают полученные на основе предыдущего опыта практически действующие общие принципы и рекомендации по метеорологическому обеспечению спортивных и культурно-массовых мероприятий, разработке сверхкраткосрочного прогноза и прогноза текущей погоды в различных географических и сезонных условиях, в том числе в условиях горной местности, возможные подходы к уменьшению рисков от опасных и неблагоприятных метеорологических явлений путем их успешного прогнозирования.

Актуальные проблемы и ключевые позиции метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий

Метеорологическое обеспечение массовых мероприятий различного характера (спортивных, городских культурно-массовых и т. п.) имеет в своей основе общую методологию и общие требования высокого уровня к прогнозам погоды:

- прогноз специальных элементов (например, высоты нижней границы облачности для спортивных соревнований в горной местности, прирост свежевыпавшего снега для соревнований по зимним видам спорта);
- высокую фиксированную точность прогноза (для определенного места и времени);
- своевременность (быстрое и частое обновление прогноза, чтобы выдать раннюю информацию для заблаговременного принятия решения);
- быстрое реагирование на изменение погодных условий для смягчения последствий возможных опасных явлений.

Эти требования можно наглядно представить в виде схемы (рис. 1).

Такие высокие требования к прогнозированию погодных условий порождают некоторые сложности решений этих вопросов:

- сложность мониторинга и прогнозирования взрывной конвективной погоды;
- сильное влияние погоды на современное общество, которое имеет тенденцию к увеличению численности населения, количества автомобилей, более масштабным мероприятиям в городах, что повышает его уязвимость перед погодными явлениями;
- увеличение ожиданий общественности относительно точности прогноза погоды и реагирования; употребление в общих прогнозах погоды терминов “местами” требует уточнения этих “мест”;
- увеличение ответственности за потери, связанные с неточными прогнозами;

– противоречие между ожиданиями общественности в отношении точности прогнозов погоды и существующими возможностями прогнозирования;

– потенциал мониторинга и предупреждения о метеорологических опасных явлениях погоды нуждается в дальнейшем совершенствовании;

– учет сезонности проведения метеорологического обеспечения, который сказывается на различии характеристик прогнозируемых метеоэлементов, видах опасных и неблагоприятных метеорологических явлений, способных повлиять на проведение соревнований и массовых мероприятий или затруднить деятельность различных служб: для зимнего сезона – прогноз высоты свежевыпавшего снега и фазы осадков, гололедно-изморозевые явления, переход температуры воздуха через ноль в сторону отрицательных значений, а в горных кластерах, окруженных высокими (выше 1500 м) горами, возможное резкое повышение температуры воздуха из-за влияния фенового эффекта [11, 14]; для летнего сезона – опасные конвективные явления (ливни, грозы, шквалы, град).



Рис. 1. Требования, предъявляемые к высокодетализированным прогнозам погоды для метеорологического обеспечения различных мероприятий.

Fig. 1. Requirements for high-detail weather forecasts to provide weather services for various events.

В последние годы в связи с изменением климата и быстрым развитием экономики и общества возрастает метеорологическое влияние на сферу общественной безопасности. Соответственно, метеослужба должна предоставлять постоянно развивающийся и обновляющийся метеосервис с необходимой потребителю информацией в конкретное время, что можно наглядно представить в виде схемы (рис. 2).

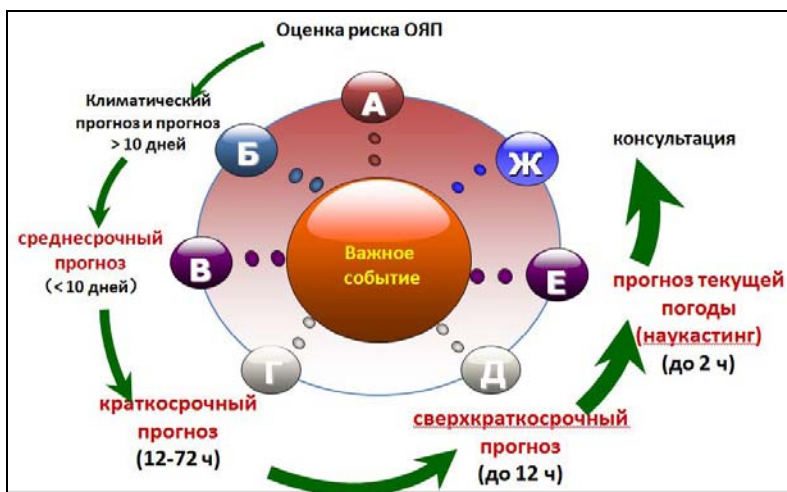


Рис. 2. Схема возможностей современного метеосервиса в представлении метеоинформации потребителю.

Fig. 2. The diagram of modern weather service capabilities in presenting weather information to consumers.

Для снижения и минимизации метеорологических рисков необходимо постоянное обновление и совершенствование трех жизненно важных взаимосвязанных компонентов, которые можно представить схематично (рис. 3). Эта схема применима для любого вида высокодетализированного метеосервиса, в том числе для метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий.



Рис. 3. Схема взаимосвязи трех компонентов, необходимых для уменьшения рисков от опасных явлений погоды.

Fig. 3. The diagram of the relationship of three components needed to reduce risks from severe weather events.

Цель метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий заключается в предоставлении точных и своевременных прогнозов для мест проведения на открытых площадках, для безопасного и справедливого проведения соревнований для спортсменов, а также для их безопасного просмотра зрителями и официальными лицами. Погода может стать единственным неконтролируемым элементом в успешном в целом проведении спортивных мероприятий на открытом воздухе, поэтому своевременное предоставление метеорологической информации является первоочередной по значимости задачей для организаторов и участников. Соответственно, вся работа организаторов по подготовке к обеспечению таких мероприятий должна быть направлена на минимизацию возможного неблагоприятного влияния метеорологических условий на спортивные и культурно-массовые мероприятия. Для этой цели и организуется метеорологическое обеспечение этих мероприятий, включающее в себя проведение комплекса задач и организацию оперативной группы метеорологов по прогнозированию погоды в зависимости от уровня проводимых соревнований или культурно-массовых мероприятий, самыми значимыми и масштабными из которых являются Олимпийские игры. Вся работа этого метеорологического подразделения должна быть направлена на обеспечение специальных наблюдений и детализированного прогнозирования по району проведения мероприятия, предупреждения организаторов, спортсменов, публики о возможных метеорологических опасностях.

В зависимости от масштабов планируемого мероприятия, времени года и территории проведения технология метеорологического обеспечения может включать все пункты подготовки или только основные принципы, но обязательно учитывать определяющие факторы (рис. 4).



Рис. 4. Определяющие факторы метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий.

Fig. 4. The key factors of weather services for sports and cultural events.

Имеющийся опыт организации гидрометеорологического обеспечения зимних Олимпийских и Паралимпийских игр (Солт-Лейк Сити, США, 2002 г.; Турин, Италия, 2006 г.; Ванкувер, Канада, 2010 г.; Сочи, Россия, 2014 г.) показывает, что погода является особым фактором, влияющим на успешное проведение спортивных соревнований такого масштаба. Поэтому своевременное и качественное предоставление метеорологической информации играло и играет ключевую роль для организаторов, участников и зрителей.

Последние несколько лет существует тенденция проведения Игр в районах субтропического пояса и в районах, характеризующихся соседством контрастных климатических режимов (горы рядом с теплой морской поверхностью), с крайне неустойчивыми погодными условиями холодного периода, что базируется на кажущейся слабой зависимости от погоды из-за широкого распространения технологий искусственного снега. Эта тенденция сделала проведение Олимпийских соревнований крайне зависимыми от погодных условий. Неблагоприятные метеорологические условия в районах проведения (плохая видимость, усиление ветра, резкая изменчивость погодных условий, осадки в виде дождя и мокрого снега, подтаивание санных и горнолыжных трасс и т. д.) усложняют проведение соревнований, влияют на репрезентативность показанных результатов, создают реальную угрозу безопасности и имеют высокую вероятность возникновения. Горный рельеф создает дополнительные трудности при интерпретации выходной продукции численных прогнозов, поскольку метеорологический режим и развивающиеся в горных долинах мезопроцессы, как правило, могут существенно отличаться от расчетных модельных характеристик. Соответственно, возрастает роль субъективного анализа и интерпретации результатов моделирования на основе опыта синоптиков-прогнозистов. Горный рельеф также создает сложности при интерпретации данных радарной сети из-за искажений и непрохождения ее сигналов. Строительство объектов происходит за счет существенного расширения ранее существовавших и освоения новых горных долин с малоизученными метеорологическими свойствами. Поэтому возрастает роль предшествующих Олимпийским играм микро- и мезоклиматических исследований форм рельефа каждого из объектов, обучения персонала и проведения тестовых соревнований.

Прогнозы погоды и их ежечасное обновление во время Игр играют ключевую роль в обеспечении безопасности участников, управлении процессом подготовки и организации мероприятий. Поэтому, основываясь на опыте предыдущих Игр, можно отметить, что метеорологическое обслуживание начинается задолго до их начала и выполняется поэтапно несколько лет в соответствии с “Техническим проектом” [12, 13], согласованным с владельцами спортивных объектов, на которых предполагается проводить соревнования, с федерациями по соответствующим видам спорта, Минспорттуризмом России и разработанными совместно планами

гидрометеорологического и противолавинного обеспечения соревнований, если это касается зимних видов спорта. Должны быть проведены масштабные работы, затрагивающие разнообразные направления, цель которых – обеспечить возможность постоянного мониторинга погодных условий и разработки высокодетализированных прогнозов погоды. Основные направления работ схематично показаны на рис. 5.



Рис. 5. Схема системы подготовки детализированных прогнозов.
Fig. 5. The scheme of the system for preparing high-detail weather forecasts.

Говоря о структуре службы прогнозирования, следует отметить, что каждая площадка для проведения мероприятий (соревнований) на открытом воздухе должна иметь независимый офис, специалисты-прогнозисты которого будут разрабатывать детализированный локальный прогноз для каждого спортивного объекта и поддерживаться Центром обеспечения прогнозами, объединенным с центральным офисом гидрометслужбы, задача которого – координирование синоптической обстановки, даваемой прогнозистами в местах проведения Игр, подготовка прогнозов и метеорологической информации для федеральной и других служб, отвечающих за проведение мероприятий и предоставление справок официальным лицам служб по запросам. Основная задача главного метеоролога Игр – отвечать на запросы Организационного олимпийского комитета, Международного олимпийского комитета (МОК) и ряда других спортивных организаций, спортивных официальных лиц, снабжать их метеорологической информацией, а также координировать прогнозную работу всех локальных офисов. В Сочи-2014 было организовано пять, а в Красноярске-2019 – четыре локальных метеоофиса

на соревновательных объектах, но принцип работы метеорологов и выполняемые функции в целом были похожи. Эти обобщенные функции локальных метеоофисов и Координационного центра можно представить в виде схем (рис. 6). Схема метеорологического обеспечения Игр может быть различна в деталях, в зависимости от размещения спортивных объектов и базового центра, местности проведения соревнований и т. п., но в целом смысл ее построения сводится к расположению локальных метеоцентров по видам спорта в непосредственной близости к местам проведения соревнований для осуществления тесного взаимодействия со спортивными менеджерами, судьями и капитанами спортивных команд [5].

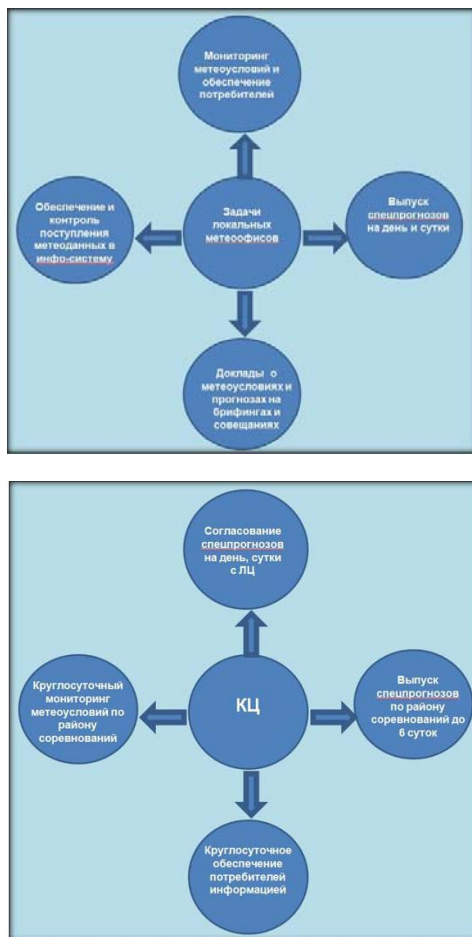


Рис. 6. Выполняемые функции локальных метеоофисов на объектах и Координационного центра для международных спортивных соревнований (Олимпиады, Универсиады).

Fig. 6. The functions of Local Weather Offices at the sports facilities and the Coordination Center for international competitions (Olympic Games, Universiades).

Вся прогностическая деятельность по метеорологическому обеспечению международных спортивных соревнований и культурно-массовых мероприятий должна опираться на систему численных прогнозов погоды различной заблаговременности (рис. 7).

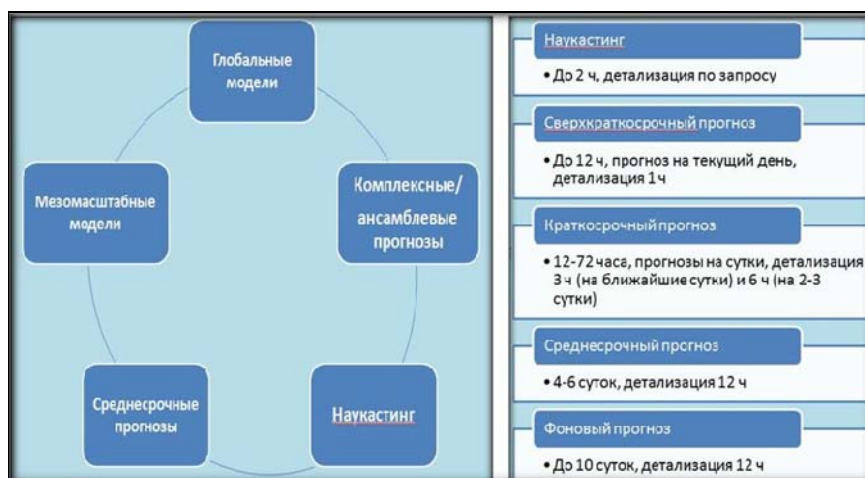


Рис. 7. Система численных прогнозов погоды и виды прогностической продукции различной заблаговременности для метеорологического обеспечения Игр.

Fig. 7. The system of numerical weather prediction and types of forecast products with various lead times for Olympic weather services.

Типовой перечень продукции, выдаваемый метеоофисами, разработанный авторами к тестовым соревнованиям Олимпиады-2014 и прошедший апробацию на Олимпийских/Паралимпийских Играх в Сочи в 2014 г., на Универсиаде-2019 в г. Красноярске и частично на III Всемирных зимних играх военнослужащих в г. Сочи в 2017 г., обычно включает виды информации, представленные на рис. 8. Виды предоставляемой информации могут различаться в зависимости от географических условий местности проведения игр, требований организаторов и т. п.

Требования к метеорологическому обеспечению соревнований мирового уровня, таких как Олимпийские игры (особенно в условиях сложного рельефа в зимний период), выходят за рамки ежедневно выпускаемых Росгидрометом прогнозов общего назначения в части пространственно-временной детализации, точности, форм доведения и степени интеграции информации в системы принятия решений. В связи с этим требуется создание системы специализированных прогнозов на основе моделей высокого пространственно-временного разрешения. Международный опыт показывает, что оптимальным подходом в данном случае является сочетание опыта специалистов-прогнозистов, владеющих концептуальными

моделями локальных погодообразующих процессов, с возможностями базовых автоматизированных технологий, формирующих детализированную прогностическую продукцию.

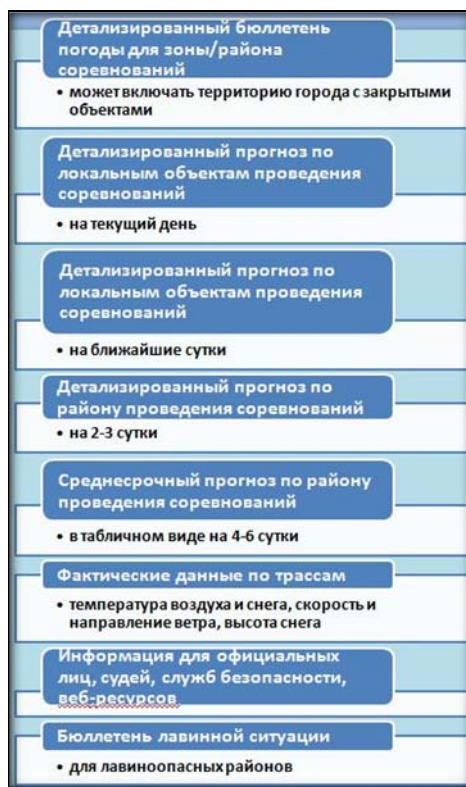


Рис. 8. Типовая информация для метеорологического обеспечения Игр.

Fig. 8. Typical information for Olympic weather services.

Основные требования МОК к метеорологическому обеспечению Игр

К проведению спортивных мероприятий международного масштаба, самыми грандиозными из которых являются Олимпийские игры, предъявляются особые требования ко всем аспектам обеспечения, в том числе и к метеорологическому. Основным документом МОК, в котором сформулированы эти требования, является «Техническое руководство по спорту (Technical Manual on Sport, June 2009)», разделы 2.11 и 3.5. Эти требования должны выполняться в полном объеме и представляться в определенных формах и объемах, что требует создания и отладки многофункциональной оперативной информационно-технологической системы в процессе подготовки к Играм.

Вклад погоды может быть особенно значительным в период зимних Олимпийских игр. Погодная информация является основой для решений, на основании которых спортивные мероприятия могут быть задержаны, перенесены или отменены, поэтому организаторам мероприятий необходима уверенность в получаемой от метеорологических агентств прогностической информации. Все спортивные мероприятия, проходящие на открытом воздухе, нуждаются в качественной, надежной и точной погодной информации, при этом на различные спортивные дисциплины влияют разнообразные погодные элементы. Возможные изменения в расписании (задержка, перенос и отмена соревнований), вызванные погодой, и порядок действий должны быть определены в соответствующих Регламентах. Соответственно, требования, относящиеся к метеорологическому обслуживанию Игр, состоят в следующем:

- прогнозы погоды, штормовые предупреждения, метеорологические наблюдения, климатическая информация и рекомендации по текущей погоде необходимы всем участникам, организаторам и наблюдателям Игр для обеспечения справедливых и безопасных соревнований, сохранения жизни и собственности, содействия эффективному управлению операциями и потоками в период Игр;

- предоставление в систему INFO и на сайт Оргкомитета Игр фактической и прогностической информации по всем спортивным объектам на открытом воздухе и территории принимающего города/городов;

- обеспечение фактической погодной информацией системы результатов соревнований и тренировок;

- обеспечение проведения брифингов для Главного операционного центра и МОК на ежедневной основе, а также проведение дополнительных брифингов по необходимости;

- предоставление в печатном виде информации о погоде напрямую потребителям на регулярной основе;

- оказание консультативной поддержки других функций и персоналу Оргкомитета, деятельность которых связана с воздействием погоды;

- заблаговременное сообщение о потенциальной возможности ухудшения погодных условий на заседаниях руководства Оргкомитета.

Ставятся также и специфические задачи, которые должны решаться Службой погоды при обслуживании зимних Олимпийских игр:

- обеспечение привлечения профессиональных прогнозистов и вспомогательного персонала на каждом открытом спортивном объекте для оперативного сопровождения соревнований и команды управления спортивным объектом;

- обеспечение прогнозами погоды по территории, спортивным объектам и транспортным коридорам Главного операционного центра, включая функции по обеспечению искусственным снегом, церемониям награждения, медицинскому обеспечению и, по запросам, другие функции.

Ключевое значение для зимних Олимпийских игр имеют прогнозы ветра, осадков и туманов (т. е. метеорологической дальности видимости), а для горных районов – низкой облачности, а также температуры воздуха для регионов, где возможно ее значительное отклонение в положительную (как район Большого Сочи) или отрицательную (район г. Красноярска) стороны. Поэтому на каждом открытом спортивном объекте необходима организация метеоофиса с дежурным персоналом и системы метеорологических наблюдений.

Помимо требований МОК к метеорологическому обеспечению соревнований существуют требования Международных спортивных федераций (МСФ) к погодным параметрам, зависящие от конкретных видов спорта и места их проведения (на открытом воздухе или в помещении). Эти требования основываются на климатических характеристиках (показателях) и представляют собой обобщенные метеорологические величины за многолетний период [10]. Таким образом, критические значения метеорологических характеристик, ограничивающие проведение спортивных мероприятий, подразделяются на три группы в зависимости от их влияния на проведение соревнований, т. е. от их силы или интенсивности:

– **критический фактор** для принятия решения, т. е. показатели, которые могут повлечь за собой отмену или перенос соревнования;

– **важный фактор** для принятия решения, т. е. показатели, которые при определенных условиях могут повлечь за собой отмену или перенос соревнования;

– **учесть при принятии решения**, т. е. показатели, которые необходимо учитывать при проведении соревнований.

На основе опыта проведения тестовых соревнований по конкретным видам спорта и тесного взаимодействия с МСФ, возможно вносить изменения в “Метеорологические показатели для проведения спортивных мероприятий”, связанные именно с местными особенностями соревновательных трасс, т. е. выявить местные пороговые значения. Были разработаны градации метеовеличин для прогнозов погоды каждого вида соревновательных дисциплин для горного и прибрежного районов Большого Сочи и для Универсиады-2019 в г. Красноярске. Организация метеорологического обеспечения должна гарантировать предоставление метеорологической информации в соответствии с требованиями МОК и МСФ по каждому спортивному объекту на открытом воздухе во время тестовых соревнований и Игр.

Ранжирование спортивных и культурно-массовых мероприятий в соответствии с требованиями метеорологического обеспечения

В мире, в том числе в России, проводятся различные виды спортивных и культурно-массовых мероприятий, для которых требуется метеорологическое обеспечение разного вида, представляемое как в полном объеме с установкой автоматических метеостанций и дополнительных

пунктов радиозондирования, высоко детализированных пространственно-временных прогнозов (например, для зимних Олимпийских игр), так и в более простых вариантах с привлечением имеющегося комплекса метеорологических данных и менее детализированных прогнозов (например, обеспечение фестивалей, городских праздников и т. п.). Исходя из опыта уже проведенных в России подобных мероприятий, авторы предлагают условно подразделить мероприятия по мере их важности в международном масштабе и размеру выделяемых государством на их обеспечение средств (рис. 9).

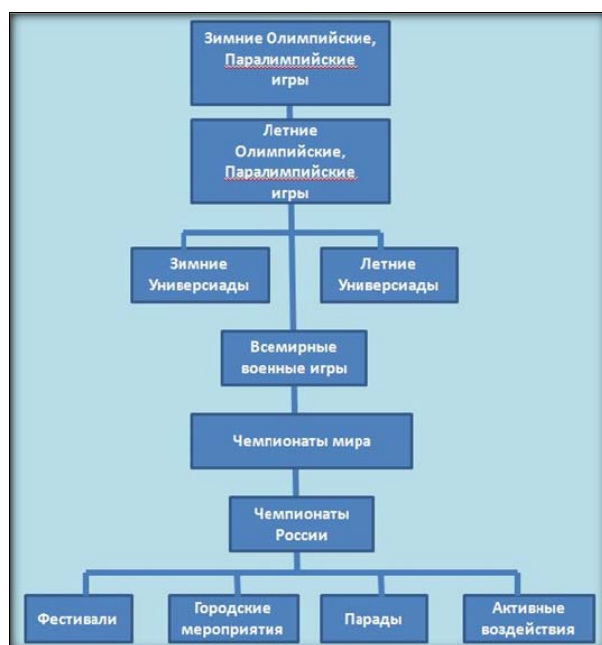


Рис. 9. Виды мероприятий, требующих высокодетализированного метеорологического обеспечения.

Fig. 9. The types of activities that require high-detail weather services.

Такого рода мероприятия в настоящее время в России проводятся с обязательным метеорологическим обеспечением, так как собирают большое количество зрителей и участников, масс-медиа и требуют надежной защищенности от возможных погодных катаклизмов и обеспечения нормальной жизнедеятельности. Самые крупномасштабные международные спортивные мероприятия – зимние Олимпийские игры, требующие длительного периода подготовки (по возможности 3–4 года), разработки специальной Концепции по метеорологическому обеспечению, создания в горном кластере учащенно работающей сети метеорологических станций, набора и обучения команды специалистов-метеорологов, проведения

тестовых соревнований по видам спорта для проверки взаимодействия всех обеспечивающих систем.

Менее крупномасштабными, но также требующими подготовительного периода, разработки Концепции по метеорологическому обеспечению, создания сети метеорологических станций на спортивных объектах и подготовки команды метеорологов соревнованиями, являются Универсиады. В России проводились Летняя Универсиада-2013 в г. Казани и Зимняя Универсиада-2019 в г. Красноярске, на подготовку к которой Росгидромету потребовалось 2 года.

Далее по значимости идут Чемпионаты мира, один из которых, по футболу, был проведен в июне-июле 2018 г. в 11 городах России. Сложность такого метеорологического обеспечения заключается в территориальной масштабности проводимого мероприятия, охватывающего десяток городов проведения матчей. Соответственно, для организации метеорологического обеспечения таких мероприятий необходимо:

- проводить онлайн-совещания в режиме видеоконференций для координации действий организаций Росгидромета по специализированному метеорологическому обеспечению;

- разработать регламент взаимодействия, предусматривающий задачи Гидрометцентра России как ведущего и координирующего центра и задачи УГМС как разработчиков детализированных прогнозов по городам своей ответственности;

- разработать график выполнения работ, порядок формирования прогностических бюллетеней и публикацию в сети Интернет прогностической информации.

Пример схемы распределения Росгидрометом задач метеорологического обеспечения для Чемпионата мира по футболу в России в 2018 г. приведен на рис. 10. Участвующие в обеспечении УГМС осуществляли подготовку прогнозов по пунктам своей территории ответственности с заполнением соответствующих веб-форм. Гидрометцентр России обеспечивал контроль, редактирование введенной с мест информации, при необходимости – оперативное согласование.

Мероприятия локального масштаба, проводимые в конкретных населенных пунктах (например, фестиваль воздухоплавания в Московской области, рок-фестиваль в Тверской области и т. п.), требуют наименьшего времени на подготовку метеорологического обеспечения, но также должны разрабатываться по общей схеме, которую можно предложить для метеорологического обеспечения различного вида массовых мероприятий на открытых площадках (рис. 11).

Далее рассмотрены общие принципы концепции Росгидромета по метеорологическому обеспечению крупных международных спортивных мероприятий, в первую очередь Олимпиад и Универсиад, основные положения которой применимы для массовых мероприятий любого масштаба.

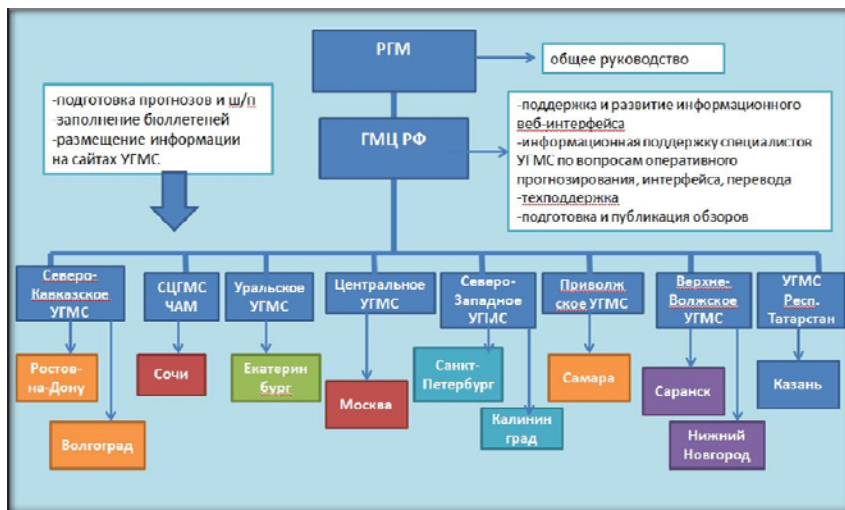


Рис. 10. Схема распределения задач метеорологического обеспечения РГМ на примере ЧМ-2018 по футболу.

Fig. 10. The scheme of distribution of the Roshydromet weather service tasks on the example of the 2018 FIFA World Cup.

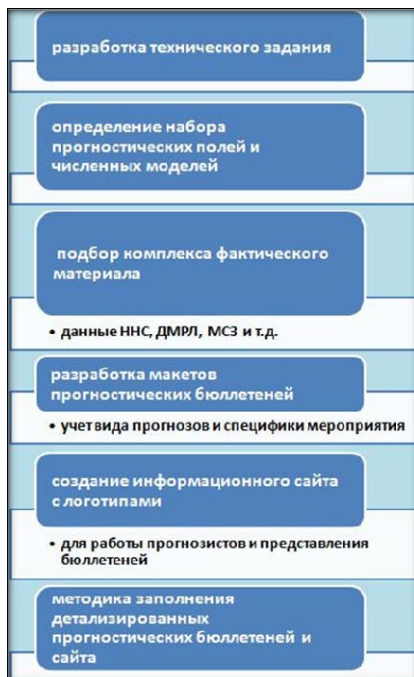


Рис. 11. Общая схема метеорологического обеспечения массовых мероприятий на открытых площадках.

Fig. 11. The general scheme of weather services for open-air mass events.

Развитие концепции Росгидромета по метеорологическому обеспечению международных спортивных соревнований

Анализ организации метеорологического обеспечения зимних Олимпийских и Паралимпийских игр (Солт-Лейк Сити, США, 2002 г.; Турин, Италия, 2006 г.; Ванкувер, Канада, 2010 г.) показал, что погода является особым фактором, влияющим на успешное проведение спортивных соревнований такого масштаба. В России до начала подготовки к предстоящим Олимпийским зимним играм в г. Сочи отсутствовал опыт метеорологического обеспечения крупных зимних международных соревнований. Как правило, внутренние соревнования по зимним видам спорта на открытом воздухе проводились по фактической погоде без привлечения специалистов-прогнозистов Росгидромета. В связи с этим на основании международного опыта Росгидрометом была разработана система специализированного обеспечения соревнований на открытом воздухе в условиях горной местности. Основой концепции данной системы является положение о том, что своевременное представление детализированной по времени и пространству информации о фактических и ожидаемых условиях погоды играет ключевую роль для организаторов и участников соревнований, контингента средств массовой информации и зрителей для успешного проведения мероприятий.

Опыт проведения тестовых соревнований сезонов 2010–2013 гг., а затем и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 г. в Сочи показал, что Российская система специализированного метеорологического обеспечения спортивных мероприятий в сложных климатических и орографических условиях прошла успешную проверку и показала гарантированную надежность предоставления метеорологической информации в соответствии с требованиями МОК и МСФ по каждому спортивному объекту на открытом воздухе и в закрытых помещениях.

Тестовые соревнования позволили систематизировать накопленный опыт, провести мероприятия по устранению выявленных недостатков и более четко регламентировать работу специалистов Росгидромета для качественного решения стоящих перед ними задач. На основе международного опыта совместно подразделениями Росгидромета (АНО "Метеоагентство Росгидромета", ФГБУ "Гидрометцентр России" в лице Главного Метеоролога Олимпиады-2014 В.И. Лукьянова и специально созданным отделом «Сочи-2014») был разработан Технический проект [12] по метеорологическому обеспечению Олимпиады-2014, который впоследствии был развит и продолжен в Концепции для Зимней Универсиады-2019 в г. Красноярске [6]. С учетом мирового опыта проведения метеорологического обеспечения международных соревнований и отечественной Концепции можно выделить основные положения, применимые для проведения любого вида международных спортивных Игр.

1. Физико-географическая и климатическая характеристики района проведения Игр.
2. Анализ метеорологической инфраструктуры района проведения Игр.
3. Организация современной системы противолавинной безопасности объекта (для зимних соревнований в горных лавиноопасных районах).
4. Организация современной системы метеорологических наблюдений.
5. Организация системы сбора и передачи метеорологических данных.
6. Организация системы метеорологического обеспечения.
7. Создание системы специализированных метеорологических прогнозов.
8. Подбор и подготовка кадрового состава по метеорологическому обеспечению Игр.
9. Организация метеообеспечения полетов авиации в районе проведения Игр.

Последний пункт также входит в область деятельности Росгидромета по метеорологическому обеспечению международных спортивных мероприятий, но предполагает участие организаций авиационной направленности, обеспечивающих фактической и прогностической информацией о погоде летно-диспетчерские службы.

Пути непосредственной реализации Концепции [6] прописываются в Технических проектах [12, 13], согласованных с владельцами спортивных объектов и федерациями по соответствующим видам спорта, и включают:

- техническое перевооружение УГМС, на территории которого планируется проведение крупных соревнований;
- развитие системы метеорологических наблюдений, с использованием новейших автоматизированных метеорологических комплексов и приборов, средств дистанционного зондирования в соответствии с требованиями МОК, FISU и федераций по видам спорта;
- совершенствование системы сбора гидрометеорологической информации, в том числе, разработку и внедрение современных технологий усвоения различных видов метеорологической информации в численных моделях прогнозов погоды различной заблаговременности с временной и пространственной детализацией метеорологических параметров;
- тестирование системы разработки прогнозов погоды с использованием данных численных моделей с высоким пространственно-временным разрешением COSMO и WRF;
- специальную подготовку команды метеорологов и IT-специалистов, организации четкого взаимодействия между ними.

Большое значение, в том числе и для подразделений Росгидромета, на территории которых проходили Игры, имеет вопрос о наследии

остающихся после их завершения спортивных комплексов, оборудования, в том числе метеорологического. Вся инфраструктура, разработанная для зимних игр в Сочи-2014 и Красноярске-2019, а также весь накопленный опыт оперативно-методического сопровождения метеорологического обеспечения мероприятий такого масштаба имеет долгосрочное продолжение, прежде всего для развития метеорологической службы Северо-Кавказского региона, ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», Средне-Сибирского УГМС и Гидрометцентра г. Красноярска в частности, а также национальной метеорологической службы России в лице Гидрометцентра России.

В частности, в наследие входит:

– во-первых, доставшаяся в «наследство» расширенная 10-минутная сеть наблюдений автоматических метеостанций (АМС), необходимая в данных районах со сложным горным рельефом, а также близостью моря (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ») для мониторинга и прогнозирования сложных погодных условий, связанных с сильными осадками и ветром на побережье и в горах как в теплый, так и в холодный сезоны;

– во-вторых, опыт по методологии детализированных прогнозов, по работе с моделями высокого разрешения, накопленный авторами при непосредственном контакте с потребителями прогнозов, полезен для продвижения идей современного уровня прогнозирования. Этот опыт оперативно-прогностической и организационной работы имел конкретное приложение и был успешно применен в 2017 г. синоптиками ФГБУ «СЦГМС ЧАМ» при метеорологическом обеспечении III Всемирных военных игр в г. Сочи;

– в-третьих, неопределимый опыт для разработчиков моделей, испытавших свои модели на оперативном полигоне, что помогло их дальнейшему совершенствованию как в оперативных, так и в исследовательских целях;

– в-четвертых, проводимый анализ и верификация прогнозов и результатов моделирования, а также продолжающиеся исследования, в которых принимали участие и авторы, помогли улучшить понимание трудностей прогнозирования зимней погоды в условиях сложной местности как оперативным синоптикам, так и разработчикам моделей, что имеет продолжение в дальнейших исследованиях;

– в-пятых, оперативное метеорологическое обеспечение Олимпийских Игр-2014 и Универсиады-2019 в целом привело к пониманию выгод не только олимпийских прогнозов, но и метеорологического обеспечения любых спортивных и культурно-массовых мероприятий и их экономической результативности;

– в-шестых, плотная сеть метеорологических наблюдений в учащенном режиме началась создаваться Росгидрометом при содействии московского правительства в Московском регионе для обеспечения городской инфраструктуры и населения столицы постоянным мониторингом и специализированными детализированными прогнозами, что послужит усилению метеорологической безопасности города и предотвращению катастрофических последствий от влияния погодных условий.

Таким образом, все приведенные пункты Концепции необходимо выполнять в полном объеме для крупномасштабных спортивных проектов нашей страны, в первую очередь Олимпийских игр и Универсиад. Для мероприятий более локального масштаба могут выполняться отдельные пункты, без которых невозможно современное метеорологическое обеспечение, основанное на сети учащенных метеорологических наблюдений и детализированных, в первую очередь по времени, прогнозов.

Необходимые составляющие для разработки детализированных прогнозов погоды

Современные требования, предъявляемые к метеорологическому обеспечению различных культурно-массовых и спортивных мероприятий, диктуют новые подходы к решению задач их метеорологического обеспечения. Анализ случаев прогнозирования неблагоприятных явлений погоды при таком обеспечении помог оценить роль синоптика (или “человеческого фактора”) в сложном взаимодействии всего многообразия представленных моделей и систем при различных синоптических процессах в регионах со сложной орографией, большой изменчивостью погоды, дефицитом исторических данных наблюдений и отсутствием длительного опыта прогнозирования и доказал, что только специалист-прогнозист мог принимать решения в сложных ситуациях, интегрировать и контролировать разнородную и нередко противоречивую информацию, доступную на сегодняшний день от многочисленных прогностических технологий. Реализация на практике при обеспечении Игр такого подхода показала возможность успешной работы по прогнозированию с высокой пространственно-временной детализацией даже в горных условиях при углубленном изучении местных особенностей рельефа и синоптических процессов и адаптации результатов модельных расчетов.

Основные проблемы, возникающие при разработке высокодетализированных прогнозов погоды и штормовых предупреждений, обусловлены недостаточной точностью выходных данных современных численных моделей даже с высоким пространственно-временным разрешением для определения времени, места возникновения и силы опасных явлений погоды, а также недостаточной разработанностью системы их использования и частотой поступления данных наземной сети, позволяющих уточнять место возникновения опасных явлений погоды по синоптическим и географическим признакам.

В связи с этим современный синоптик-прогнозист должен знать и уметь использовать не только традиционные синоптические методы и подходы к прогнозу погоды, но и понимать и интерпретировать концептуальные модели опасных явлений погоды, что подразумевает знание и понимание синоптиком физических условий, структуры и жизненного цикла опасных явлений, местных особенностей, влияющих на их эволюцию [1]. Эти знания могут существенно улучшить конечный результат

численных расчетов модели по прогнозу возникновения и развития опасного явления. Именно знание концептуальной модели прогнозируемых явлений должно подсказывать прогнозисту необходимость внесения тех или иных изменений в прогностическую продукцию мезомасштабной модели [8], что с успехом было продемонстрировано нашими синоптиками при обеспечении XXII Зимних Олимпийских и XI Паралимпийских Игр Сочи-2014 [4, 7, 8]. В ходе нескольких лет тестовых соревнований в горном кластере Большого Сочи проводился непрерывный мониторинг фактических данных наземных метеостанций, их сопоставление с данными моделей различного разрешения, в том числе мезомасштабных, с учетом местных особенностей региона и каждого локального спортивного объекта.

Основой современной технологии подготовки краткосрочных прогнозов погоды является оперативный численный прогноз погоды на базе гидродинамических моделей атмосферы с высоким пространственно-временным разрешением и автоматизированных технологий сбора и обработки метеорологической информации [3]. В настоящее время для разработки современного детализованного прогноза погоды, применяемого для метеорологического обеспечения масштабных спортивных и культурно-массовых мероприятий, используется весь комплекс имеющихся средств наблюдений:

- метеорологических наблюдений по наземным данным имеющихся МС и АМС (в радиусе 100 км от пункта прогноза с 10-минутной дискретностью);
- аэрологических наблюдений;
- дистанционных средств наблюдений;
- радиолокационных наблюдений сети ДМРЛ-С;
- метеорологических спутников;
- датчиков грозопеленгационной сети в радиусе 100 км;
- данных метеорологических оповещений о неблагоприятных и опасных явлениях погоды (в коде WAREP);
- выходной продукции прогностических моделей с высоким пространственно-временным разрешением, в том числе по модели COSMO-Ru с разрешением 2,2 и 1 км.

Имеющийся опыт прогностической практики Росгидромета по обеспечению детализованными прогнозами спортивных и культурно-массовых мероприятий (Олимпиады-2014, Универсиад в 2013 и 2019 гг., ЧМ-2018) свидетельствует о том, что обеспечение высокого качества и регулярности выпуска прогнозов высокой детализации требуют сбалансированного сочетания результатов ЧПП и их экспертной оценки специалистом-прогнозистом с целью контроля, уточнения и восполнения имеющейся объективной фактической и прогностической информации [3].

Подготовка и разработка высокодетальных прогнозов с использованием данных численных моделей высокого пространственно-временного

разрешения требует создания методологии детализированного прогноза, включающей развитие и совершенствование современной системы сбора метеорологических наблюдений и прогнозирования с учетом конкретных географических условий и рельефа местности, отражающей быстро меняющиеся условия погоды. Составляющие такой системы схематично показаны на рис. 12, пояснения приведены ниже.

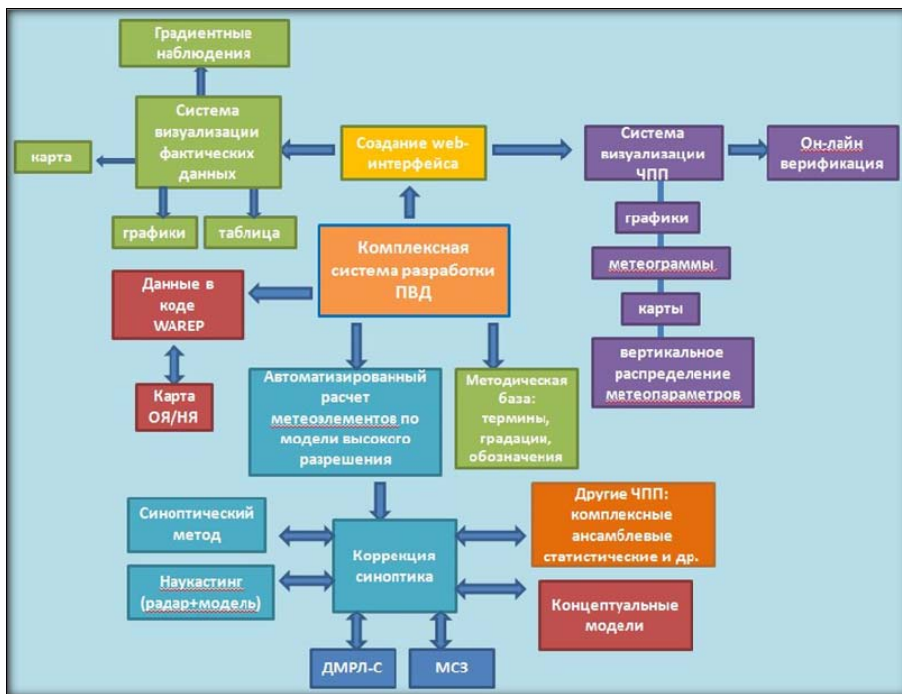


Рис. 12. Схема составляющих комплексной системы разработки высокодетализированных прогнозов погоды.

Fig. 12. The diagram of the components of an integrated system for the development of high-detail weather forecasts.

Для регулярной работы комплексной системы высокодетального прогнозирования в первую очередь необходимо *создание специального пользовательского веб-интерфейса*, доступного специалистам под паролем и позволяющего оперативно получать различные виды фактических и прогностических данных, в том числе моделей с высоким пространственно-временным разрешением, представленные в виде системы визуализации и верификации метеорологических численных прогнозов метеоэлементов. Примеры таких веб-интерфейсов: сайт, созданный для синоптиков, обслуживавших Универсиаду-2019 в Красноярске (рис. 13), и сайт, созданный по его образу, но уже более усовершенствованный и модернизированный, для синоптиков, разрабатывающих детализированные прогнозы для московского мегаполиса (рис. 14).

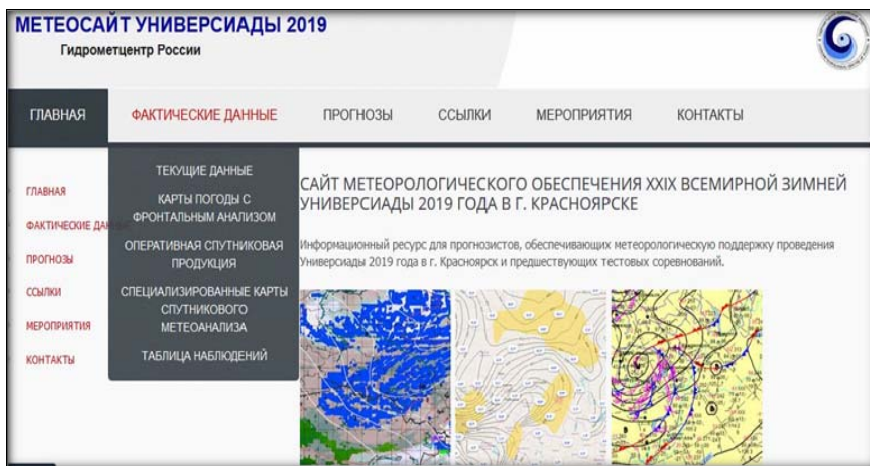


Рис. 13. Общий вид пользовательского сайта для синоптиков-прогнозистов, разрабатывавших детализированные прогнозы для Универсиады-2019 в г. Красноярске.

Fig. 13. The general view of the website for forecasters who prepared detailed forecasts for the 2019 Universiade in Krasnoyarsk.

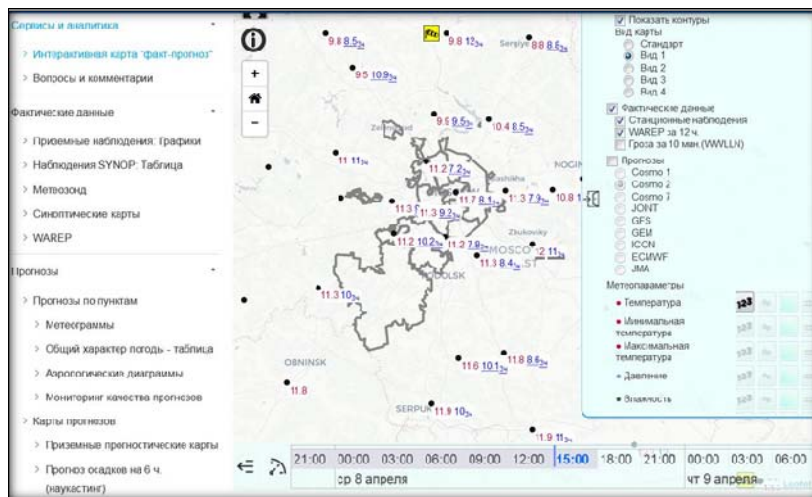


Рис. 14. Общий вид пользовательского сайта с интерактивной картой для синоптиков-прогнозистов, разрабатывающих детализированные прогнозы по московскому мегаполису.

Fig. 14. The general view of the website with an interactive map for forecasters preparing detailed forecasts for the Moscow megalopolis.

Этот веб-интерфейс дает возможность оперативного контроля за согласованностью системы различных видов метеорологических данных, синоптических полей, визуализации выходной продукции моделей

и использования специализированной информации по территории прогноза. Здесь можно размещать фактические данные, получаемые с наземных метеостанций в виде интерактивной карты (рис. 14), в графическом и табличном видах (рис. 15), где в режиме онлайн наносятся фактические данные основных метеопараметров, поступающих с наземных метеостанций, в том числе автоматических в 10-минутном режиме.

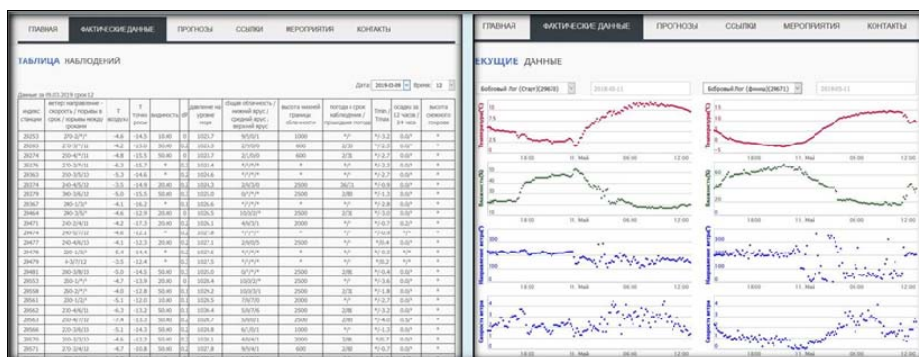


Рис. 15. Визуализация текущих данных МС и АМС по Красноярскому региону с архивом в табличном и графическом видах на специализированном веб-интерфейсе.

Fig. 15. The visualization of current weather station and automatic weather station data for the Krasnoyarsk region with an archive in tabular and graphical forms on a specialized web interface.

Разработка высокодетализированных прогнозов погоды опирается на данные расчетов численных моделей с высоким пространственно-временным разрешением (шаг расчетной сетки не более 7 км). Система численных прогнозов погоды должна включать обязательный набор основных моделей, используемых в оперативной практике Гидрометцентра России: глобальные среднесрочные модели (рис. 16): Экзетер (EGRR), Оффенбах (EDZW), Вашингтон (NCEP), Рединг (ECMWF), ПЛАВ; прогнозы по методу статистической интерпретации гидродинамических расчетов П.П. Васильева и комплексный прогноз А.Н. Багрова (рис. 17); ансамблевый прогноз Гидрометцентра России Joint; региональные краткосрочные прогнозы с большим пространственно-временным разрешением (имеющиеся на сегодня в Гидрометцентре России модели: COSMO-Ru с разрешением 6; 2,2 и 1 км; ICON-Eur с разрешением 7 км; WRF-ARW с разрешением 3 и 1 км).

Рекомендуется в качестве дополнительной информации привлекать модельные прогнозы, представленные на некоторых официальных веб-ресурсах:

<https://www.windy.com/?55.752,37.616,5,i:pressure>,
<https://www.yr.no/place/Russia/>.

ТАБЛИЦА ПРОГНОЗОВ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

ИЗДАНИЕ 1710 ВКЛЮЧАЮЩИЙ_0P(2017)

Дата	Глобальные модели										Региональные модели									
	ECMWF	WRF	UKMO	ICON	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE	MOGRE
17.05.18 - 00:00:00	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5	2381.5
18.05.18 - 00:00:00	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0	2376.0
19.05.18 - 00:00:00	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0	2371.0
20.05.18 - 00:00:00	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0	2366.0
21.05.18 - 00:00:00	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0	2361.0
22.05.18 - 00:00:00	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0	2356.0

Рис. 16. Таблица прогнозов глобальных и региональных моделей по г. Красноярску на специализированном веб-интерфейсе.
Fig. 16. The table of global and regional model forecasts for Krasnoyarsk on a specialized web interface.

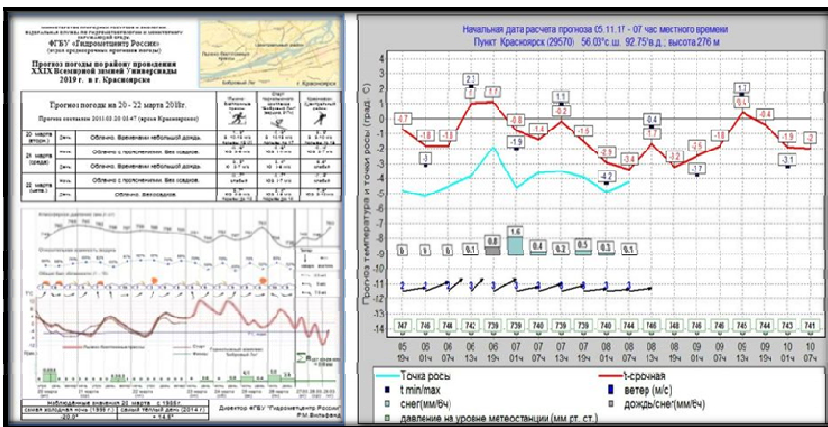


Рис. 17. Представление расчетных данных о температуре, ветре, облачности и осадках на период до 10 суток (таблица и графики) по методу статистической интерпретации гидродинамических расчетов (П.П. Васильев) и комплексному методу (А.Н. Багров) по району проведения соревнований и г. Красноярску.
Fig. 17. The presentation of calculated data on temperature, wind, clouds, and precipitation for a period up to 10 days (the table and graphs) by the method of statistical interpretation of hydrodynamic calculations (P.P. Vasil'ev) and the complex method (A.N. Bagrov) for the competition area and the city of Krasnoyarsk.

Результаты расчетов моделей представляются в виде графиков (рис. 18), метеограмм, диаграмм вертикального распределения температуры воздуха, скорости и направления ветра (рис. 19) и карт явлений погоды (рис. 20), приведенных на примере Универсиады-2019 в г. Красноярске.

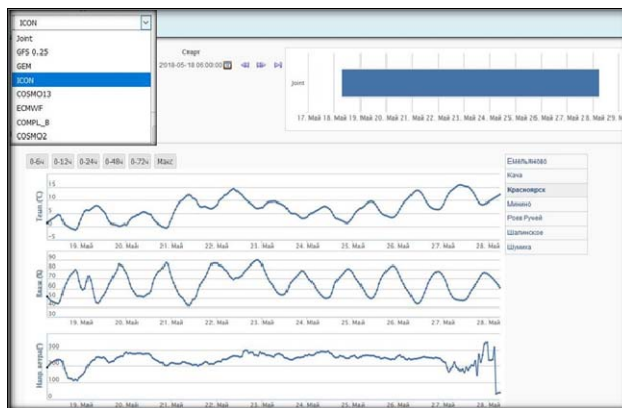


Рис. 18. Пример графического отображения мультимодельных прогнозов по Красноярскому региону на специализированном веб-интерфейсе.

Fig. 18. The example of graphical presentation of multi-model forecasts for the Krasnoyarsk region on a specialized web interface.

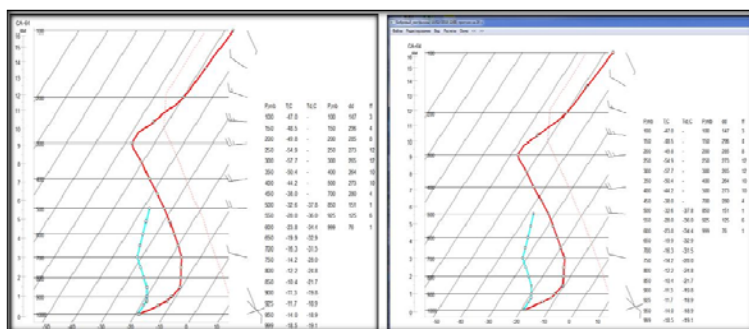


Рис. 19. Прогноз вертикального распределения температуры воздуха, скорости и направления ветра до 48 ч по модели COSMO-Ru с разрешением 1 км (п. ВДНХ) и на 24 ч по модели EGRR (п. Бобровый Лог).

Fig. 19. The forecast of vertical distribution of air temperature, wind speed, and wind direction for a period up to 48 hours according to the COSMO-Ru model with a resolution of 1 km (VDNKh) and to 24 hours according to the EGRR model (Bobrov Log).

Для оперативной оценки успешности прогноза выходных данных численных расчетов моделей, особенно высокого разрешения, и последующего их использования для разработки высокодетализированных прогнозов погоды по заданной территории рекомендуется проводить их онлайн-верификацию (рис. 21) по основным метеорологическим параметрам (температуре воздуха, относительной влажности воздуха, направлению и скорости ветра, давлению) по общепринятым показателям оценок: средней арифметической (или систематической) ошибке и средней абсолютной ошибке.

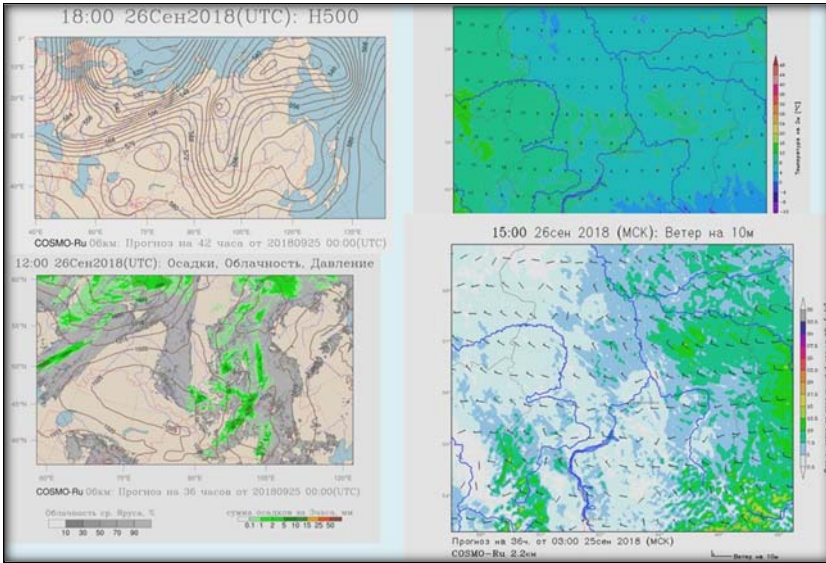


Рис. 20. Представление расчетных данных в картографическом виде по модели COSMO-Ru с разрешением 6,6 и 2,2 км по Красноярскому региону.
Fig. 20. The presentation of calculated data in cartographic form according to the COSMO-Ru model with a resolution of 6.6 and 2.2 km for the Krasnoyarsk region.

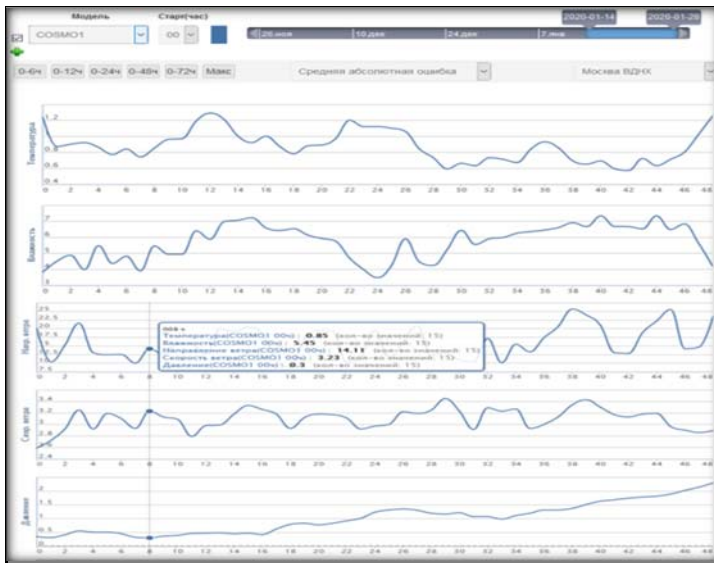


Рис. 21. Пример системы онлайн-верификации модели COSMO-Ru-Mp с разрешением 1 км для московского мегаполиса.
Fig. 21. The example of an online verification system for the COSMO-Ru-Mp model with a resolution of 1 km for the Moscow megalopolis.

Для подготовки прогноза с высокой детализацией по времени и территории базовый расчет должен производиться по модели с высоким пространственно-временным разрешением (например, по модели COSMO-Ru с разрешением 2,2 или 1 км) в виде автоматизированных форм прогнозистических бюллетеней на различные прогностические сроки и с разным набором параметров (рис. 22а) и далее корректироваться синоптиком по всему имеющемуся комплексу различной метеорологической информации (рис. 22б) для выдачи потребителю посредством любого приемлемого вида передачи данных (по почте, ftp-протоколу на ftp-сервер, через пользовательский веб-интерфейс). Для более точного воспроизведения модельных расчетов следует выдавать метеорологические параметры без разбивки на градации, но по критическим значениям элементов (максимальная/минимальная температура воздуха, максимальные значения порывов ветра и количества осадков).

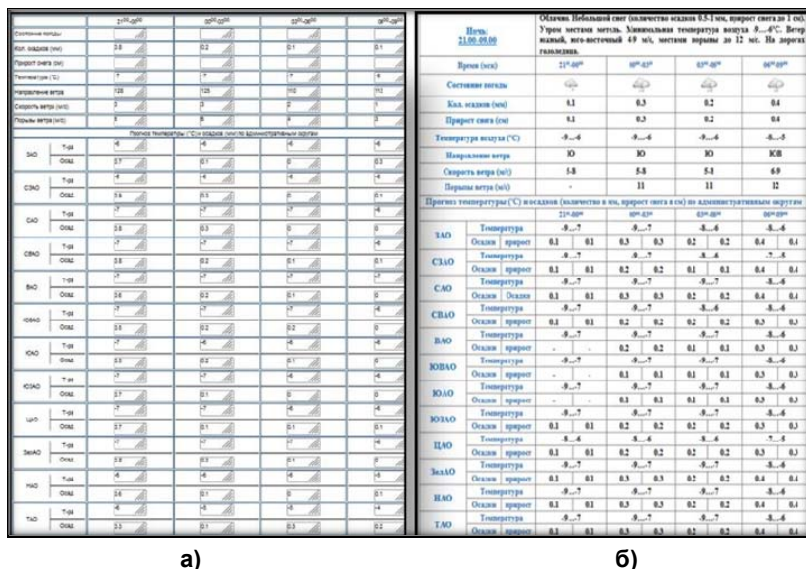


Рис. 22. Вид бюллетеней, детализированных по 12 округам московского мегаполиса с 3-часовой дискретностью на 12 ч: по модельным расчетам COSMO-Ru с разрешением 1 км, поступающего в автоматическом режиме без коррекции синоптика (а); с коррекцией синоптика (б).

Fig. 22. The bulletins detailed for 12 districts of the Moscow megalopolis with a 3-hour discreteness for a period of 12 hours: according to COSMO-Ru model calculations with a resolution of 1 km arriving in automatic mode without forecaster's correction (a); with forecaster's correction (b).

В период проведения Игр различного масштаба возможен выпуск дополнительных автоматизированных бюллетеней прогноза погоды по различным моделям. Пример оперативного автоматизированного бюллетеня, детализированного по 3-часовым интервалам с прогнозами

приземной температуры воздуха, сумм осадков, влажности, направления и скорости ветра по г. Красноярску, выпускавшегося по технологии оперативного детализированного (по времени и по территории) среднесрочного прогноза погоды на сутки (метод статистической интерпретации РЭП [2]), в помощь оперативным синоптикам, разрабатывавшим прогноз по территории проведения соревнований Универсиады-2019 в г. Красноярске (рис. 23).

В настоящее время расчеты численных моделей являются основой прогнозов погоды благодаря их большой физичности, частичной внедренности и широкой применяемости во всем мире. Однако имеются ошибки применительно к прогнозам опасных явлений погоды, особенно конвективного характера, из-за редкости и часто уникальности этих явлений. В связи с этим корректировка таких прогнозов и разработка консультаций об опасных явлениях погоды в настоящее время возможна только специалистом-синоптиком по многосторонней фактической информации с коррекцией расчетных данных моделей и учетом оперативной информации ближайших ДМРЛ-С (не более 100 км от района прогноза, а для уточнения прогноза на текущий день/ночь – производя расчет перемещения осадкообразующей облачности и используя "Объединенную карту сетей ДМРЛ и BALTRAD" на сайте ФГБУ "ЦАО" (<http://map/meteorad/ru/>, рис. 24) в режимах "Метеоявления" и "Интенсивность осадков", данные геостационарных МСЗ в различных спектральных диапазонах.

Прогноз погоды по г. Красноярск с 22:00 5 марта до 22:00 6 марта 2019 г. (время Красноярское) (XXIX Всемирная зимняя Универсиада 2019 г.)								
29570	22:00-01:00	01:00-04:00	04:00-07:00	07:00-10:00	10:00-13:00	13:00-16:00	16:00-19:00	19:00-22:00
Облачность								
Количество осадков (мм)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Температура воздуха (С)	0..2	-2..0	-4...-2	-5...-3	-2..0	0..2	-1..1	-3...-1
Влажность (%)	82	81	82	79	70	65	75	88
Направление ветра	З	ЮЗ	ЮЗ	Ю	ЮЗ	З	З	З
Скорость ветра (м/с)	3	2	2	1	1	2	2	1

Рис. 23. Пример дополнительного автоматизированного бюллетеня прогноза погоды по методу статистической интерпретации для синоптиков Универсиады-2019 в г. Красноярске.

Fig. 23. The example of the additional automated bulletin with the weather forecast produced by the method of statistical interpretation for the Krasnoyarsk 2019 Universiade forecasters.

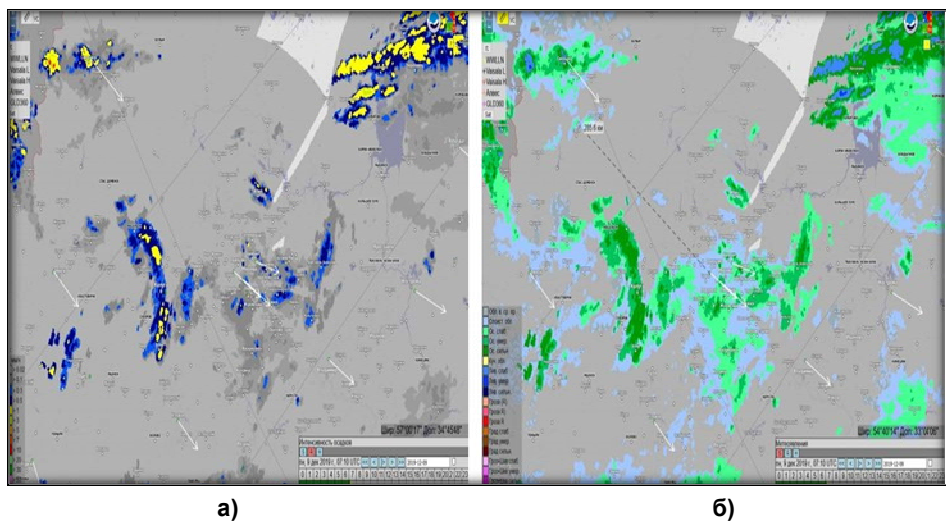


Рис. 24. Расчет подходов зоны осадкообразующей облачности к московскому мегаполису по объединенным картам meteorad.ru: интенсивность осадков (а); метеоявления (б).

Fig. 24. The calculation of the precipitation-forming cloud zone approaches to the Moscow megalopolis according to the meteorad.ru composite radar maps: precipitation intensity (а); weather phenomena (б).

В помощь оперативному синоптику создан наукастинг полей осадков по последовательным радарным наблюдениям (модель STEPS), который воспроизводит эволюцию радарных полей на интервале до 2 ч с шагом 10 мин (рис. 25, слева). На базе мультимодельного прогноза модели COSMO-Ru с разрешением 2,2 км разработан наукастинг интенсивности осадков для обслуживаемой территории (в настоящее время на примере частично территории ЦФО и московского региона), что позволило увеличить срок прогноза интенсивности осадков до 6 ч (рис. 25, справа). Режим анимации дает возможность отслеживать процесс в движении с видимой трансформацией зон интенсивности осадков, что позволяет оперативному синоптику корректировать и уточнять сверхкраткосрочные прогнозы и консультации о неблагоприятных и опасных явлениях погоды по территории ответственности.

Для мониторинга неблагоприятных и опасных явлений погоды по территории прогноза и дальнейшей разработки консультаций или штормовых предупреждений о неблагоприятных и опасных явлениях погоды необходимо использовать информацию, поступающую в оперативном режиме от наземных метеостанций в коде WAREP, которая может быть визуализирована: в виде обозначений на интерактивной карте и раскодированных телеграмм, поступающих с дискретностью 1 или 3 ч (рис. 26), в виде карты территории прогноза (рис. 27), таблицы (рис. 28).

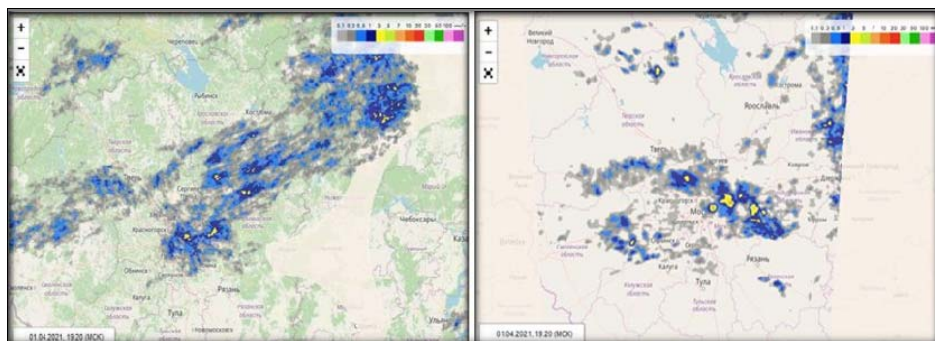


Рис. 25. Пример прогноза интенсивности осадков по технологии STEPS по московскому региону: до 2 ч 9 (слева); до 6 ч (справа).
Fig. 25. The example of the precipitation intensity forecast by the STEPS technology for the Moscow region: up to 2 hours (left); up to 6 hours (right).

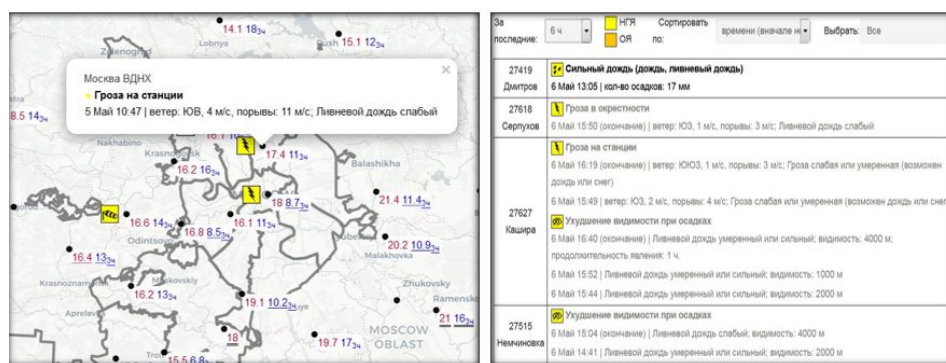


Рис. 26. Данные наземных метеостанций в коде WAREP в виде: интерактивной карты (слева); телеграмм (справа).
Fig. 26. Data from ground-based weather stations in WAREP code presented as: an interactive map (left); telegrams (right).

В специализированных детализированных прогнозах погоды применяются основные градации, термины и графические изображения метеорологических элементов погоды, принятые в системе Росгидромета (РД 52.27.724-2019 [9]), с учетом требований МОК и спортивных федераций. Величины самих градаций в рамках, принятых в Наставлении [9], могут изменяться в зависимости от требований, предъявляемых к специализированному детализированному прогнозу погоды заказчиком, что особенно существенно для прогнозов по спортивным локальным объектам в зимний период, когда даже от небольшого (до 0,5 см) количества свежевыпавшего снега зависит подготовка лыжных/горнолыжных трасс и спортсменов к соревнованиям, а также само проведение или перенос соревнований.

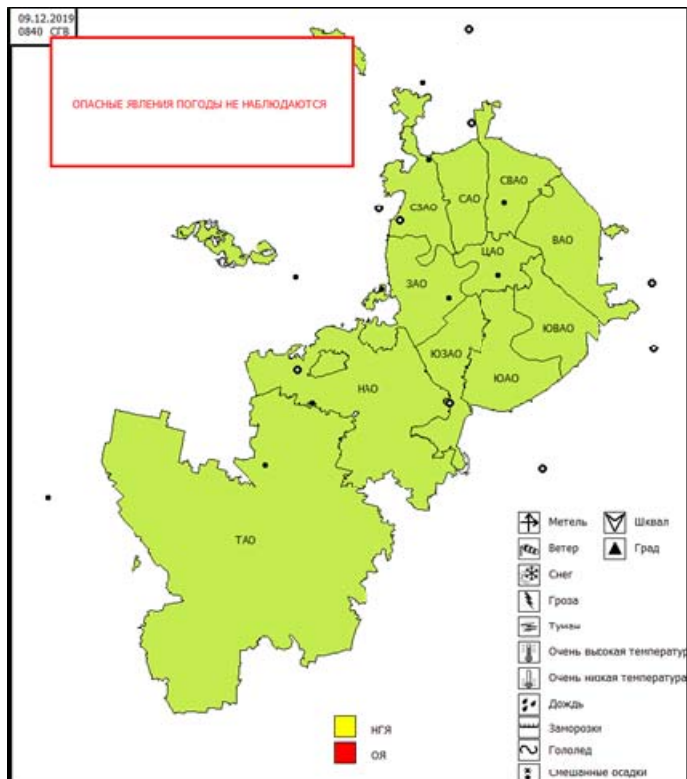


Рис. 27. Карта г. Москвы и 12 административных округов с нанесенными обозначениями ОЯ и НЯ, поступающих от наземных МС в коде WAREP.

Fig. 27. The map of Moscow and 12 administrative districts with the drawn symbols of severe and adverse weather events received from the ground-based weather stations in WAREP code.

Дата	Время	Явление	Статус	Область	Название станции	Индекс станции	Характеристика явления
12.09	07:46	Сильный ветер	НЯ окончание	Ярославская	БРЕЙТОВО	27213	Ветер юго-Западный, 4 м/с, порывы до 9 м/с
12.09	07:52	Сильный ветер	НЯ возникновение	Тверская	КРАСНЫЙ ХОЛМ	27215	Ветер южный, 2 м/с, порывы до 12 м/с
12.09	07:57	Сильный ветер	НЯ окончание	Тверская	БОЛОГОЕ	26298	Ветер юго-Западный, 4 м/с, порывы до 8 м/с, продолжительность МЛЯ 1 ч
12.09	08:05	Низкая облачность (при 5 баллах и более)	НЯ окончание	Тульская	ВОЛОВО	27824	кол-во облаков 10 балл, форма облаков 7, высота нсо 1500 м
12.09	08:05	Ухудшение видимости из-за дымки	НЯ окончание	Тульская	ВОЛОВО	27824	МДВ 3000 м, продолжительность МДВ 2 ч
12.09	08:06	Ухудшение видимости из-за тумана	НЯ окончание	Курская обл.	РЫЛЬСКО	33166	МДВ 2000 м, продолжительность МДВ 10 ч, кол-во облаков 10 балл, форма облаков 7, высота нсо 1500 м

Рис. 28. Табличная форма представления информации о неблагоприятных и опасных явлениях погоды в коде WAREP.

Fig. 28. The tabular form for presenting information about adverse and severe weather events in WAREP code.

Виды бюллетеней детализированных прогнозов погоды

Для оперативного метеорологического обеспечения спортивных и культурно-массовых мероприятий, а также городского мегаполиса могут разрабатываться прогнозы погоды различной заблаговременности:

- прогнозы текущей погоды на период до 2–3 ч (наукастинг);
- сверхкраткосрочные – на период до 12 ч: на текущий день/ночь с детализацией на 1 или 3 ч; по району проведения мероприятий, кластерам или локальным объектам видов спорта;
- краткосрочные – на период от 12 до 72 ч (до 3 суток);
- среднесрочные – на 4–6 суток; детализация 12 ч.

Виды предоставляемой метеорологической информации могут различаться в зависимости от географических условий региона проведения мероприятий, требований организаторов и заказчиков. Например, в Сочи-2014 по требованию ответственного лица по подготовке трасс по горным лыжам авторами был разработан специальный бюллетень с прогнозом "нулевой" изотермы и прогнозируемым количеством осадков на высоте 2000 м в табличном и графическом виде с детализацией на первые 3 дня – 3 ч, далее – 12 ч (рис. 29).

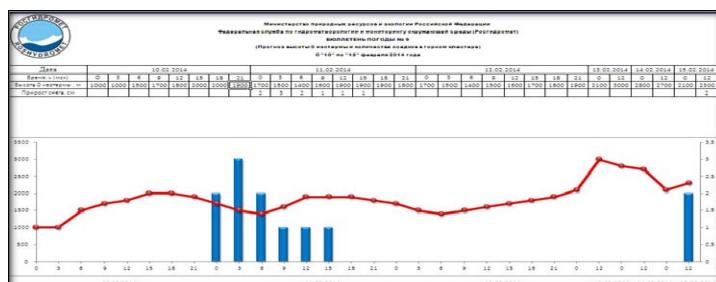


Рис. 29. Бюллетень с прогнозом высоты «нулевой» изотермы и количеством осадков на 6 суток.

Fig. 29. The bulletin with the 6-day forecast of the 0°C isotherm height and the amount of precipitation.

В зависимости от прогнозируемых величин температуры воздуха организаторы использовали те или иные реагенты на трассах, а от прогнозируемого количества осадков (снега) зависела подготовка рабочих команд по уборке снега на спортивных трассах.

Заключение

Современная система специализированных прогнозов высокой детализации для успешного метеорологического обеспечения мероприятий и городского мегаполиса должна базироваться прежде всего на:

- комплексе современных средств наблюдений, в первую очередь,

метеорологических наблюдений с наземных метеостанций, работающих в учащенном режиме передачи данных (не более 10 мин);

- использовании современных дистанционных методов;
- выходной продукции моделей с высоким пространственно-временным разрешением и высокой частотой обновления;
- ключевой роли специалиста-синоптика в принятии решений по контролю и объединению разнородной и часто противоречивой информации;
- высоком профессиональном уровне синоптиков-прогнозистов, способных обобщать и анализировать разнородную информацию, знающих локальные особенности района прогноза и умеющих интерпретировать данные численных прогнозов применительно к нему;
- детальном изучении возможностей прогностических методик применительно к данным условиям;
- создании пользовательского веб-интерфейса для оперативного доведения и визуализации различной информации;
- возможности онлайн-верификации численных расчетов метеопараметров для улучшения качества информации и коррекции прогнозов;
- базовых терминах и градациях согласно Наставлению [9], но с учетом требований заказчика метеоинформации;
- прогностическая продукция может иметь разнообразный вид и детализацию, но должна максимально отражать цели и требования потребителя/заказчика метеорологической информации.

Невозможность в настоящее время выпуска автоматизированных детализированных численных прогнозов погоды и особенно штормовых предупреждений/консультаций о неблагоприятных и опасных явлениях погоды без коррекции оперативного синоптика-прогнозиста делает актуальным весь разработанный комплекс мер по специализированному метеорологическому обеспечению.

Список литературы

1. Васильев А.А., Вильфанд Р.М., Голубев А.Д. Совместное использование численных мезомасштабных и концептуальных моделей при оперативном прогнозе опасных явлений погоды // Труды Гидрометцентра России. 2016. № 359. С. 48-57.
2. Васильев П.П., Васильева Е.Л. Система статистической интерпретации выходной продукции гидродинамических моделей для среднесрочного прогноза погоды // 70 лет Гидрометцентру России. СПб.: Гидрометеоиздат, 1999. С. 118-133.
3. Базовые требования к технологии подготовки краткосрочных прогнозов погоды. РД 52.27.723-2009. 22 с.
4. Дмитриева Т.Г., Васильев Е.В. Опыт прогнозирования экстремальных явлений погоды в ходе подготовки и проведения зимних Олимпийских игр "Сочи-2014" // Метеорология и гидрология. 2015. № 8. С. 31-44.

5. Итоговый отчет о результатах работы Росгидромета по метеорологическому обеспечению XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в г. Сочи. Москва, 2014. 84 с.

6. Концепция подготовки и проведения метеорологического обеспечения Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске. Москва, 2017. 127 с.

7. Лукьянов В.И., Дмитриева Т.Г., Васильев Е.В. Об опыте метеорологического обеспечения в период подготовки и проведения зимних XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр 2014 г. в Сочи // Метеорология и гидрология. 2015. № 8. С. 5-18.

8. Муравьев А.В., Киктев Д.Б., Бундель А.Ю., Дмитриева Т.Г., Смирнов А.В. Верификация прогнозов метеорологических явлений со значительными воздействиями в районе проведения Олимпийских игр "Сочи-2014" // Метеорология и гидрология. 2015. № 9. С. 31-48.

9. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724-2019. 65 с.

10. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Том 2. СПб., 2009. 312 с.

11. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Том 3. СПб., 2009. 216 с.

12. Технический проект. Гидрометеорологическое обеспечение подготовки и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр в г. Сочи в 2014 году, в том числе противолавинное. М., 2010. 117 с.

13. Технический проект. Метеорологическое обеспечение подготовки и проведения XXIX Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске. М., 2017. 88 с.

14. Фёдорова В.В., Лысак Д.П. Физико-географические, погодноклиматические и сезонные особенности района проведения Игр. Местные особенности основных синоптических процессов. СЦГМС ЧАМ, Сочи. <http://sochi.meteomfo.ru/climate>.

References

1. Vasil'ev A.A., Vil'fand R.M., Golubev A.D. Joint use of mesoscale numerical and conceptual models in operational forecasting of severe weather events. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2016, vol. 359, pp. 48-57 [in Russ.].

2. Vasil'ev P.P., Vasil'eva E.L. A System for statistical interpretation of numerical weather prediction model outputs for medium-range weather forecasting. 70 let Gidromettsentru Rossii. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat publ., 1999, pp. 118-133. [in Russ.].

3. Bazovye trebovaniya k tekhnologii podgotovki kratkosrochnykh prognozov pogody. [Base requirements for the technology of short-range weather forecast preparation. RD 52.27.723-2009]. Obninsk, 2009, 22 p. [in Russ.].

4. Dmitrieva T.G., Vasil'ev E.V. Forecasting extreme weather phenomena and processes during the test events and Sochi-2014 Olympic and Paralympic Games. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 8, pp. 513-522. DOI: 10.3103/S1068373915080038

5. Itogovyy otchet o rezul'tatah raboty Rosgidrometa po meteorologicheskomu obespecheniyu XXII Olimpiyskiykh zimniykh igr i XI Paralimpiyskiykh zimniykh igr 2014 goda

v g. Sochi [Final report on the results of Roshydromet activities on weather services for the Sochi-2014 XXII Olympic Winter Games and XI Paralympic Winter Games]. Moscow, 2014, 84 p. [in Russ.].

6. Koncepciya podgotovki i provedeniya meteorologicheskogo obespecheniya Vsemirnoy zimney Universiady 2019 goda v g. Krasnoyarske [Concept of Preparation and Holding of Weather Services for the 2019 FISU Winter World University Games in Krasnoyarsk]. Moscow, 2017, 127 p. [in Russ.].

7. Luk'yanov V.I., Dmitrieva T.G., Vasil'ev E.V. Weather services for the test events and Sochi-2014 Olympic and Paralympic Games. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 8, pp. 495-503. DOI: 10.3103/S1068373915080014.

8. Murav'ev A.V., Kiktev D.B., Bundel' A.Yu., Dmitrieva T.G., Smirnov A.V. Verification of high-impact weather event forecasts for the region of the Sochi-2014 Olympic Games. Part I: Deterministic forecasts during the test period. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 9, pp. 584-597. DOI: 10.3103/S1068373915090034.

9. Nastavlenie po kratkosrochnym prognozam pogody obshchego naznacheniya. RD 52.27.724-2019 [Guidelines on General-purpose Short-range Weather Forecasting. RD 52.27.724-2019]. Moscow, 2019, 65 p. [in Russ.].

10. Rossiyskiy gidrometeorologicheskiy enciklopedicheskiy slovar'. Tom 2 [Russian hydrometeorological encyclopedic dictionary, vol. 2]. Saint Petersburg, 2009, 312 p. [in Russ.].

11. Rossiyskiy gidrometeorologicheskiy enciklopedicheskiy slovar'. Tom 3. [Russian hydrometeorological encyclopedic dictionary, vol. 3]. Saint Petersburg, 2009, 216 p. [in Russ.].

12. Tekhnicheskiy proekt. Gidrometeorologicheskoe obespechenie podgotovki i provedeniya XXII Olimpiyskih zimnih igr i XI Paralimpiyskih zimnih igr v g. Sochi v 2014 godu. [Technical project. Weather Services for Preparing and Holding Sochi-2014 XXII Olympic and XI Paralympic Games]. Moscow, 2010, 117 p. [in Russ.].

13. Tekhnicheskiy proekt. Meteorologicheskoe obespechenie podgotovki i provedeniya XXIX Vsemirnoy zimney Universiady 2019 goda v g. Krasnoyarske [Technical project. Weather Services for Preparing and Holding the 2019 FISU Winter World University Games in Krasnoyarsk]. Moscow, 2017, 88 p. [in Russ.].

14. Fedorova V.V., Lysak D.P. Fiziko-geograficheskie, pogodno-klimaticheskie i sezonnye osobennosti rayona provedeniya Igr. Mestnye osobennosti osnovnyh sinopticheskikh processov [Physiographic, weather, climatic, and seasonal features of the area of the 2014 Winter Olympic Games. Local features of the main synoptic processes]. STsGMS ChAM: Sochi. Available at: <http://sochi.meteomfo.ru/climate> [in Russ.].

*Поступила 27.01.2022; одобрена после рецензирования 17.03.2022;
принята в печать 30.03.2022.*

*Submitted 27.01.2022; approved after reviewing 17.03.2022;
accepted for publication 30.03.2022.*