

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2026-2-51-68>

УДК 551.5

Климатические аномалии летнего сезона 2024 года над территорией Северной Евразии: мониторинг, прогнозы, последствия

**К.А. Сумерова¹, В.М. Хан^{1,2},
В.А. Тищенко¹, Р.М. Вильфанд¹**

¹*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия;*

²*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
Российской академии наук, г. Москва, Россия
sum-ksusha@yandex.ru*

Представлены основные результаты комплексного анализа особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции в верхней, средней и нижней тропосфере Северного полушария за летний сезон 2024 года. Рассмотрены пространственные особенности долгопериодных тенденций в распределении температуры воздуха и атмосферных осадков. Особое внимание уделено периодам с аномально жаркой погодой на территории России летом 2024 года и связанными с ними экономическими ущербами. Приведена оценка успешности консенсусного прогноза на лето 2024 года для территории Северной Евразии с точки зрения воспроизведения температурно-влажностного режима. Анализ полей мультимодельного прогноза Всемирной метеорологической организации и консенсусного прогноза СЕАКЦ среднесезонных аномалий температуры воздуха и осадков показал преимущество консенсусного прогноза, разработанного на основе данных трёх российских моделей – ПЛАВ, ГГО и ИВМ с равными весовыми коэффициентами.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, успешность прогнозов, крупномасштабная атмосферная циркуляция, СЕАКЦ, индексы циркуляции, лед в Арктике, экстремальные погодные явления, экономические последствия

Climate anomalies of the summer season of 2024 over Northern Eurasia: monitoring, forecasts, impacts

**K.A. Sumerova¹, V.M. Khan^{1,2},
V.A. Tishchenko¹, R.M. Vilfand¹**

¹*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia;*

²*A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
sum-ksusha@yandex.ru*

The main results of a comprehensive analysis of the large-scale atmospheric circulation in the upper, middle, and lower troposphere of the Northern Hemisphere for the summer of 2024 are presented. Spatial features of long-term trends in the distribution of air temperature and precipitation are examined. Particular attention is paid to heat waves in Russia in the summer of 2024 and to the associated economic losses. The skill scores of the consensus

forecast for the territory of Northern Eurasia for the summer of 2024 are assessed in terms of reproducing the temperature and precipitation regime. An analysis of the multi-model forecast of the World Meteorological Organization and the NEACC consensus forecast of average seasonal anomalies of air temperature and precipitation showed an advantage of the consensus forecast based on three Russian models (SLAV, MGO, and INM) with equal weighting factors.

Keywords: air temperature, precipitation, forecast skill, large-scale atmospheric circulation, NEACC, circulation indices, Arctic ice, extreme weather, economic losses

Введение

В условиях глобального изменения климата наблюдается разбалансировка атмосферной системы, что приводит к значительным климатическим изменениям. Среди последствий этого процесса выделяются крупные температурные аномалии, изменения в распределении атмосферных осадков, повышение уровня Мирового океана и сокращение площади морского льда в Арктике. Эти явления способствуют увеличению экстремальности погодных условий и росту числа опасных метеорологических явлений [4, 5, 17–19]. В свою очередь, это приводит к увеличению экономических потерь и рисков здоровью населения, вызванных неблагоприятными климатическими и погодными условиями [9, 10, 17, 19]. Согласно данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), количество экстремальных погодных, климатических и гидрологических явлений продолжает расти, и эта тенденция, по прогнозам, сохранится в ближайшие годы [19].

На территории Российской Федерации 2024 год стал аномальным по количеству опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ). Впервые с 2008 года, за 17 лет наблюдений, количество ОЯ превысило все предыдущие показатели, достигнув 1234 случаев по всей стране, из которых 493 нанесли значительный ущерб экономике и жизнедеятельности населения. По сравнению с 2023 г., в 2024 г. в России зафиксировано увеличение числа очень сильных осадков на 19 %, очень сильного ветра на 4 %, сильной жары и аномально жаркой погоды на 24 %, а также сильного гололёда на 48 %. Наибольший ущерб экономике страны нанесли очень сильные осадки (снег, дождь, ливни), очень сильный ветер, град, заморозки и чрезвычайная пожарная опасность, которая сохранялась в ряде регионов с апреля по октябрь [5].

Глобальная температура поверхности Земли за период с июня по август 2024 г. оказалась самой высокой за всю историю наблюдений начиная с 1851 г., с аномалией в 1,24 °С. Последние 11 летних сезонов (с июня по август) стали самыми тёплыми за 175-летнюю историю наблюдений. Летний сезон 2024 г. в Северном полушарии также стал рекордно тёплым, с аномалией температуры поверхности суши, превышающей норму на 1,84 °С [<https://www.ncsi.noaa.gov/>]. Согласно «Третьему оценочному докладу об изменениях климата и их последствиях на территории Российской

Федерации», подготовленному Росгидрометом, сохраняется тенденция последних десятилетий к увеличению числа опасных гидрометеорологических явлений. Волны тепла становятся основной причиной смертей, связанных с опасными метеорологическими явлениями, а также наблюдается расширение зон лесных пожаров [13].

Для изучения климатических изменений, связанных с экстремальными метеорологическими явлениями, требуется регулярный мониторинг атмосферных процессов и анализ их предсказуемости [1–3, 6, 14, 15]. В данном обзоре рассмотрены особенности крупномасштабной атмосферной циркуляции в летнем сезоне 2024 г., вызвавшие значительные аномалии, а также прогнозы температуры воздуха и осадков в Северной Евразии по данным ВМО и СЕАКОФ-26 [<https://seakc.meteoinfo.ru/ru/seakof-26>].

Данные и методы

В ходе исследования были проанализированы осреднённые за летние месяцы поля геопотенциала на уровнях АТ-10 и АТ-500 гПа, поля приземного давления, индексы атмосферной циркуляции, а также данные о температуре приземного слоя, атмосферных осадках и ледовой обстановке в Арктике. Особое внимание уделено пространственным особенностям долгопериодных тенденций в распределении температуры воздуха и осадков. В качестве информационной основы использовались данные реанализа ERA5 Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды [16], справочная информация об опасных гидрометеорологических явлениях по данным Гидрометцентра России, материалы по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного океана на основе данных ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS-AMSR2, предоставленные Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом Росгидромета. Также использовались информационные обзоры Национального центра данных снега и льда [<https://nsidc.org/home>] и Национального центра по прогнозам окружающей среды NOAA [<https://www.ncei.noaa.gov/>].

Анализ и результаты

Особенности атмосферной циркуляции в Северном полушарии

В стратосфере на уровне АТ-10 сохранялся летний режим циркуляции. Интенсивнее обычного с центром над полюсом был циркумполярный антициклон. В двадцатых числах августа со сменой направления зонального ветра на западное на уровне АТ-10 в стратосфере состоялась перестройка на зимний режим циркуляции.

В средней тропосфере (на уровне АТ-500) околополярный циклон летом 2024 г. был ослаблен и деформирован под влиянием интенсивных антициклонов и их гребней. На среднесезонной карте геопотенциала (рис. 1а)

преобладали положительные аномалии, наиболее значительные из которых наблюдались в Баренцевом море (+7 дам), над Таймыром (+6 дам) и южнее Алеутских островов (+7 дам). В течение всего сезона в российском секторе Арктики доминировали высотные антициклоны и их гребни, что привело к смещению околполярного циклона и формированию зоны отрицательных аномалий в полярных районах Канады и Северной Атлантики. Над югом Гренландии и островом Исландия зафиксированы аномалии до -6 и -7 дам соответственно. В последней декаде августа над Восточной Европой началось формирование блокирующего антициклона, который определял погодные условия большую часть сентября (рис. 1б).

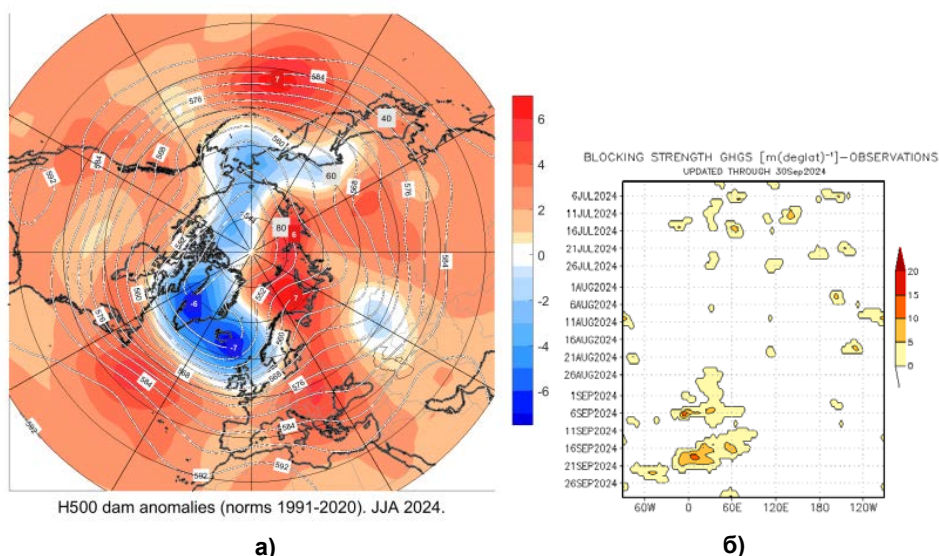


Рис. 1. Карта осредненных за летний сезон 2024 г. аномалий относительно периода 1991-2020 гг. по данным реанализа ERA-5 и значений геопотенциала на поверхности АТ-500 (а) и пространственно-временная диаграмма индекса блокирования (данные Климатического и прогностического центра CPC NOAA) (б).

Fig. 1. Map of anomalies relative to the period 1991-2020 and geopotential values on the surface of AT-500 (a) averaged over the summer season 2024 according to ERA-5 reanalysis and blocking strength GHGS – observations, CPC NOAA (б).

Проведён анализ индексов общей циркуляции атмосферы, рассчитанных Гидрометцентром России. В июле и августе, когда над Восточной Европой и Европейской территорией России (ЕТР) устойчивые гребни высотных антициклонов блокировали смещение циклонов на восток, усиливая зональный перенос над северо-восточной частью Атлантического океана, значения Восточно-атлантического колебания (ЕА) были отрицательными. В течение всех летних месяцев наблюдались положительные значения Североатлантического колебания (NAO), что свидетельствует об усилении зональной циркуляции в Северной Атлантике. Оба центра действия

атмосферы (ЦДА) в атлантической паре были хорошо выражены. Усиление западно-восточного переноса на севере Атлантики подтверждается положительными значениями Арктического колебания (АО), которые указывают на температурный фон выше нормы над большей частью Европы. Слабоотрицательные аномалии температуры воздуха на Южном Урале и севере Казахстана в августе были связаны со смещением на запад, в Западную Сибирь, ложбины околполярного циклона в средней тропосфере. Эти циркуляционные особенности отразились в отрицательной фазе Евразийского колебания (EU) в июле и августе. В летнем сезоне 2024 г. индекс сибирского максимума (SHI) был положительным в июне, когда влияние азиатского минимума на восток Сибири и Дальний Восток было ослаблено. В июле индекс имел отрицательную фазу, что отражает смещение на север центра азиатского минимума и его усиленное влияние на юг Сибири.

В тропической зоне Тихого океана летом 2024 г. наблюдалась нейтральная фаза Эль-Ниньо – Южное колебание [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php].

В приземном слое в атлантической паре ЦДА исландская депрессия была обширной и глубокой, с аномалиями давления $-9\dots-6$ гПа над Гренландией и Норвежским морем. Северо-западные гребни азорского максимума были интенсивными, их влияние распространялось на восточное побережье США и юго-восточные провинции Канады. Восточные гребни антициклона также были мощными и оказывали влияние на Западную и Центральную Европу на протяжении всего летнего сезона. Южная периферия азорского максимума, напротив, была ослаблена. Над Европой и большей частью ЕТР преобладали антициклональные формы циркуляции, что нарушало привычные траектории смещения активных атлантических циклонов на восток. Области пониженного давления вынуждены были смещаться в меридиональном направлении или по более северным траекториям, огибая антициклоны. Область положительных аномалий над Баренцевым и Карским морями, а также над архипелагом Новая Земля указывает на устойчивые антициклональные процессы в июле и августе в этом регионе. В конце июля и первой половине августа над востоком ЕТР, Уралом, севером Казахстана и Западной Сибирью располагался глубокий циклон, сформированный областями низкого давления, огибающими антициклон над архипелагом Новая Земля, что подтверждается областью отрицательных аномалий в этом регионе.

В тихоокеанской паре ЦДА субтропический (гавайский) максимум был мощным и обширным, занимая практически все умеренные и субтропические широты океана. Алеутский минимум, напротив, был глубоким, с центром над Беринговым проливом. Область отрицательных аномалий приземного давления над севером Канады отражает повышенную циклоническую деятельность в июле и августе 2024 г. в этих районах. В США циркуляция летом была неоднородной: в июне преобладало влияние циклонических форм, в июле на восток страны воздействовали гребни

азорского антициклона, а на запад – гавайского, в августе доминировало влияние антициклонов.

Распределение аномалий температуры поверхности океана в Северном полушарии и ледовая обстановка в Арктике

Среднесезонные аномалии температуры поверхности океана (ТПО) на большей части Тихого океана в Северном полушарии оказались положительными. Наиболее крупными они были у восточного побережья Японии и в центре умеренных широт океана (более $2-3^{\circ}$). Отрицательные аномалии ТПО отмечались в Беринговом и Охотском морях, а также местами в заливе Аляска.

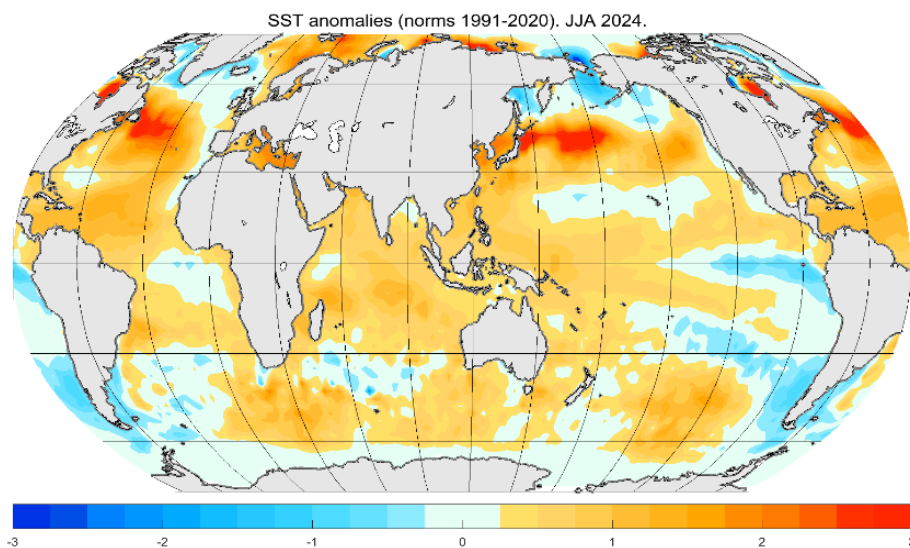


Рис. 2. Карта аномалий температуры поверхности океана, осредненных за летний сезон 2024 г. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991–2020 гг. по данным реанализа ERA5.

Fig. 2 Seasonal SST anomalies (ERA5 reanalysis, based on a 1991-2020 mean).

Выше нормы ТПО наблюдалась на большей части Атлантического океана в Северном полушарии. Как и в Тихом океане, отрицательные аномалии в Атлантике наблюдались только на севере акватории: в районе южной оконечности Гренландии, около острова Исландия и севера Британских островов. Повышенный фон ТПО летом наблюдался и в российских арктических морях, исключая юг Карского моря.

Площадь морских льдов в июне 2024 г. была несколько ниже или примерно на уровне средних показателей на большей части Арктики. Значительно меньше нормы площадь льда оказалась в Гудзоновом заливе, выше средних показателей в Чукотском море. В июле наиболее значительное смещение кромки льда к северу наблюдалось в Карском и Восточно-

Сибирском морях, также протяженность льда ниже средних показателей отмечалась в морях Бофорта и Баффина. В августе, за исключением северной части Гренландии и канадских арктических островов, площадь арктических льдов была ниже средней.

Дата минимума протяженности ледового покрова (11 сентября 2024 г.) оказалась на три дня раньше, чем средняя дата (14 сентября) за период с 1981 по 2010 г. Минимум площади арктического льда в 2024 г. стал седьмым среди показателей за всю историю спутниковых данных с 1979 года [<https://nsidc.org/home>].

Распределение атмосферных осадков и температуры воздуха в Северной Евразии

На большей части Северной Евразии летний сезон оказался теплее нормы. Распределение положительных и отрицательных аномалий значений температуры воздуха у поверхности Земли, осредненных за летний сезон по территории Северной Евразии и Северной Америки, представлено в табл. 1. По данным Гидрометцентра России лето 2024 г. в Северном полушарии стало самым жарким за всю историю метеонаблюдений с 1891 года как в целом по полушарию, так и на всех континентах.

Таблица 1. Аномалии значений температуры воздуха у поверхности Земли (1991–2020 гг.), осредненных за летний сезон в Северном полушарии

Таблица 1. Anomalies of surface air temperature (1991-2020), averaged over the summer season in the Northern Hemisphere

Территория	Положительные аномалии	Отрицательные аномалии
Европа	Вся территории, кроме Британских островов, крайнего запада Португалии, запада и центра Франции и запада Скандинавского п-ова	–
Российская Федерация	ЕТР, Урал, исключая юг, большая часть Сибири, запад Дальнего Востока	Местами на севере и юге Хабаровского края, западе Магаданской области и Чукотке (на востоке округа до -3 °С).
Центральная Азия	В странах Центральной Азии	–
Северная Америка	Западные штаты США и Канада, кроме крайних южных районов и местами центральных провинций	На юге Аляски

В табл. 2 представлены аномалии и среднее квадратическое отклонение приземной температуры за период 1991–2020 гг., коэффициент линейного тренда и вклад тренда в дисперсию, осреднённые по территории

Российской Федерации за летний сезон 2024 г. Данные основаны на стационарных наблюдениях, приведённых в «Докладе об особенностях климата на территории РФ за 2024 год» Росгидромета [5]. В скобках в первом столбце указаны ранги: летний сезон 2024 г. оказался очень тёплым на всей территории России, особенно на Азиатской территории России (АЧР), юге ЕТР и в Сибирском федеральном округе.

Таблица 2. Температурные характеристики летнего сезона
Table 2. Temperature characteristics of the summer season

Регион	Отклонения от средних за 1991–2020 гг. (ранг с 1936 г.)	Среднее квадратич. отклонение 1991–2020 гг.	Коэффициент лин. тренда (°C/10 лет) 1976–2024 гг.	Вклад тренда в дисперсию (%)
Россия	0,97 (2)	0,51	0,41	71
ЕТР	1,45	1,00	0,52	43
АЧР	0,78 (2)	0,48	0,37	71
Федеральные округа				
Северо-Западный	1,48 (5)	0,81	0,48	38
Центральный	1,84	1,13	0,60	39
Приволжский	0,89	1,16	0,43	22
Южный	2,07 (2)	1,23	0,73	56
Северо-Кавказский	1,73 (3)	1,05	0,62	59
Уральский	0,63	1,13	0,33	18
Сибирский	1,67 (1)	0,63	0,34	43
Дальне-восточный	0,38	0,51	0,40	65

По данным реанализа ERA5, на большей части Северной Евразии температурный фон летом 2024 г. был выше нормы (рис. 3а). Наиболее значительные аномалии наблюдались на юго-востоке Европы, юге ЕТР и в Сибири. Лето 2024 года стало рекордно тёплым в Европе по данным Гидрометцентра России. Среднемесячные карты аномалий по данным реанализа (рис. 3а) хорошо согласуются со стационарными данными Росгидромета (табл. 2, первый столбец). Рекордно тёплым летний сезон также был в Канаде и США, где наиболее крупные аномалии зафиксированы в северных районах Канады, западных штатах и на северо-востоке США.

Летом 2024 г. в средней тропосфере, согласно диаграмме Ховмюллера, не наблюдалось длительных процессов блокирования (рис. 1б), однако циркуляционные условия, как на высоте, так и в приземном слое, способствовали формированию волн тепла на юге Сибири, в Республике Коми, Белгородской области, Кировской области, республиках Удмуртия

и Крым, Забайкальском крае и Республике Бурятия. Эти процессы привели к потерям в энергетическом и сельскохозяйственном секторах экономики, а также к активизации очагов лесных пожаров (табл. 3).

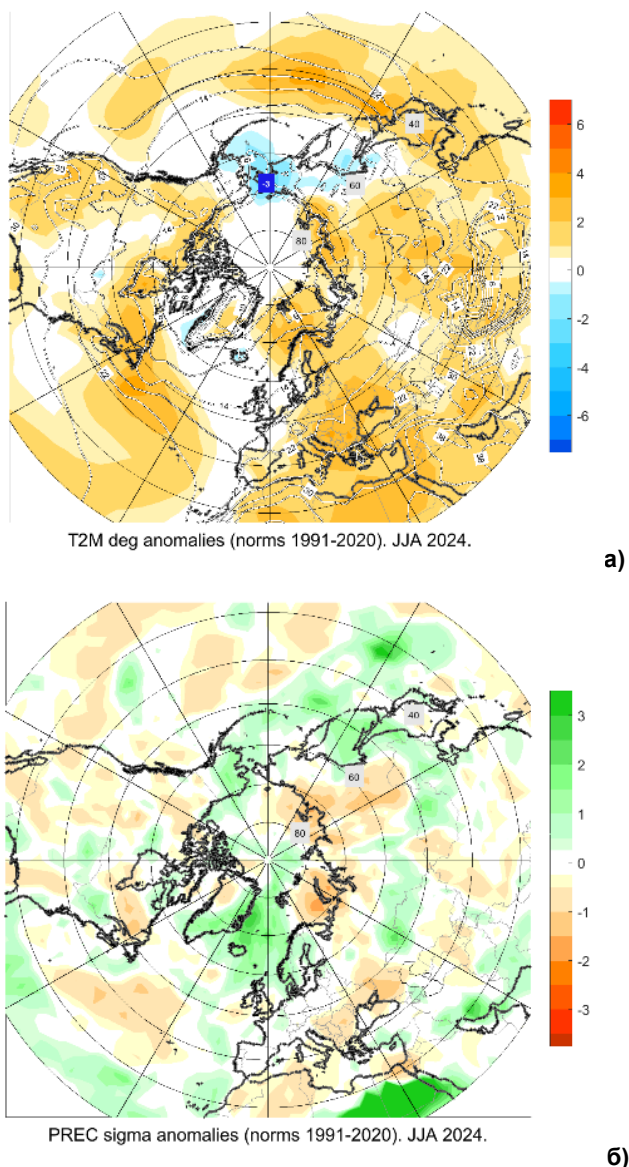


Рис. 3. Карта осредненных за летний сезон 2024 г. аномалий приземной температуры воздуха (а) и осадков (б). Аномалии рассчитаны относительно периода 1991–2020 гг. по данным реанализа ERA5.

Fig. 3. Map of anomalies relative to the period 1991–2020 for surface air temperature (a) and precipitation (б) averaged over the summer season 2024. According to ERA5 reanalysis.

Таблица 3. Аномальная жаркая погода в регионах России

Table 3. Heatwaves in Russian Regions

Территория	Даты	Явление	Ущерб и последствия
Сибирский федеральный округ			
Юго-запад и юг центральных районов Сибирского ФО	21.06–02.07	Аномально жаркая погода, до 30...37 °С	В Центральной Сибири отмечалась активизация лесных пожаров
Большинство районов Новосибирской области и Алтайского края, местами в Кемеровской области и Республике Алтай	23–29.07	Аномально жаркая погода, до 30...35 °С	Нет данных
7 метеостанций Алтайского края	31.07–04.08	Аномально жаркая погода, до 30...35 °С	Активизация лесных пожаров
Юг Сибирского ФО	15–18.08	Жаркая погода	Активизация лесных пожаров в Республике Тыва
Центральный федеральный округ			
Белгородская область	14–18.07	Аномально жаркая погода (среднесуточная темп. воздуха 28...29 °С, аномалии 7-8 °С)	Снижение урожайности озимых культур и ярового ячменя, плохое формирование бобов на растениях сои
Южный федеральный округ			
Республика Крым	15–19.07	По данным АМЦ Симферополь аномально жаркая погода (среднесуточная темп. воздуха 27,1...30,7 °С, аномалии 7-10 °С)	В связи с большой нагрузкой энергетических сетей в отдельных районах Крыма происходили временные отключения электроэнергии
Республика Крым	21–25.08	Аномально жаркая погода (среднесуточная темп. воздуха 26,3...26,8 °С, аномалии 7-7,9 °С)	В связи с большой нагрузкой энергетических сетей в отдельных районах Крыма происходили временные отключения электроэнергии
Дальневосточный федеральный округ			
Республика Бурятия и Забайкальский край	1–6.07	Сильная жара с максимальной температурой воздуха 35...39 °С	Из-за сильной жары увеличилось число очагов лесных пожаров

Летом 2024 г. на бóльшей части Европы количество осадков было близко к норме. Избыток осадков наблюдался на Скандинавском полуострове (за исключением восточных районов), а дефицит – на Британских островах, юге Италии, Балканском полуострове и юге Восточной Европы. На крайнем севере и южной половине ЕТР было сухо. На юге Сибири (за исключением Алтая и Республики Тыва) осадков выпало много, тогда как на севере Сибири их количество было ниже нормы.

В странах Центральной Азии дефицит осадков отмечался на юге Казахстана, в Узбекистане, востоке Туркменистана и западе Таджикистана, а избыток – на севере Казахстана. На юге и местами на севере Хабаровского края, в Приморье, на юге Камчатского полуострова и местами на Чукотке осадков выпало много. Сухим летний сезон был в Якутии.

Сильные осадки, вызвавшие экономический ущерб, наблюдались на юге Уральского ФО, в южных районах Сибирского ФО и на юге Дальневосточного ФО. Они привели к подъёму уровня рек, формированию локальных дождевых паводков, размыву дорог, подтоплению приусадебных участков и жилых домов, а также к временным нарушениям движения транспорта.

В Северной Америке избыток осадков зафиксирован на Аляске, местами на юго-востоке Канады и в районе Великих озёр. На остальной территории Канады и США осадков выпало в норме или меньше.

***Анализ прогнозов температуры воздуха и осадков
в летний сезон 2024 г. над территорией Северной Евразии
по данным прогностических центров ВМО и СЕАКОФ-26***

Большинство прогностических центров ВМО ожидали тёплый летний сезон 2024 г. в Европе, на юго-западе и юге ЕТР, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке России (рис. 4а). Наиболее вероятные очаги тепла прогнозировались на юге ЕТР, в Республике Тыва, Иркутской области, Забайкальском крае и Приморье. В прогнозах осадков наблюдалась неопределённость (рис. 4б).

Анализ прогностических (рис. 4а) и фактических данных (рис. 5б) показывает, что мультимодельный прогноз ВМО не воспроизвел отрицательные аномалии приземной температуры на северо-востоке России и положительные на севере ЕТР. Прогностическая карта осадков по данным мультимодельного прогноза ВМО неинформативна.

В ходе сессии СЕАКОФ-26 на основе данных трех российских моделей ПЛАВ (Гидрометцентр России/Институт вычислительной математики им. Марчука РАН), ГГО (Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова) и ИВМ (Институт вычислительной математики им. Марчука РАН) с равными весовыми коэффициентами был составлен консенсусный прогноз на летний сезон 2024 г. [1, 2, 7, 8, 12, 14, 15].

При качественном сравнении прогнозов ВМО с прогнозами СЕАКОФ-26 для температуры воздуха на территории Северной Евразии

можно отметить сходство прогностических полей и ошибок в прогнозах. Успешнее прогноза ВМО, консенсусный прогноз был над севером Красноярского края и северной части Якутии, он с большей вероятностью воспроизвел положительные аномалии температуры. Прогноз СЕАКОФ-26 со смещением на восток воспроизвел область отрицательных аномалий на востоке России, по мультимодельному прогнозу этого очага нет. Ниже приведен детальный анализ успешности прогностической продукции с количественными оценками.

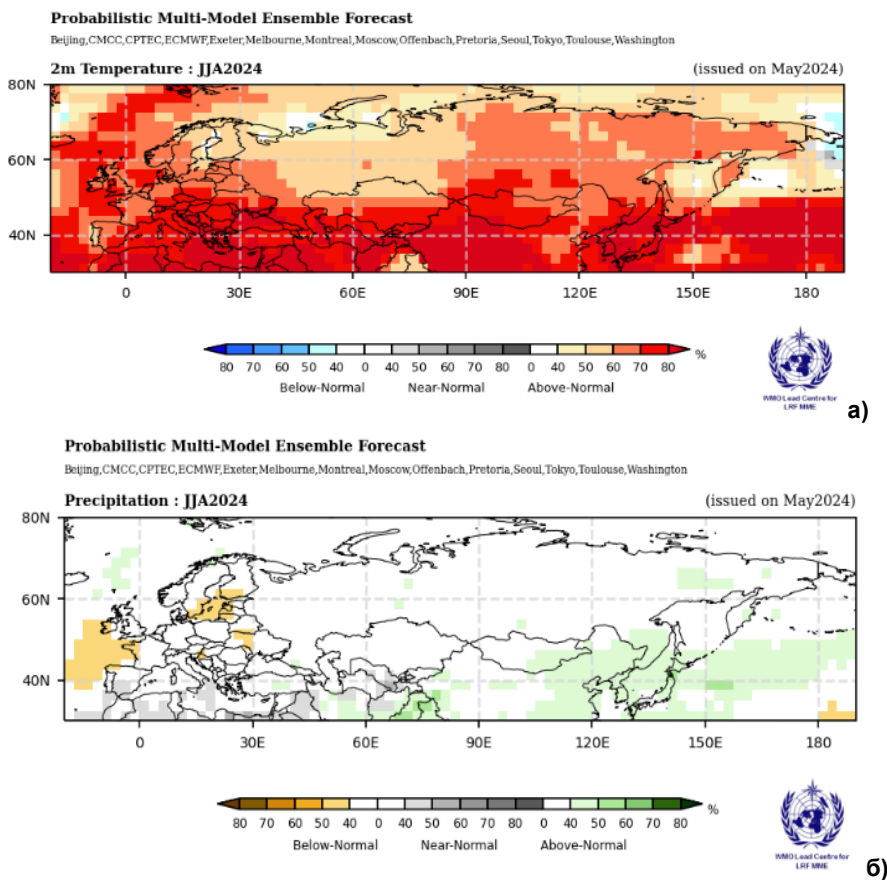


Рис. 4. Мультимодельный прогноз ВМО среднесезонных аномалий температуры (а) и осадков (б) на летний сезон 2024 г. в вероятностной форме.

Fig. 4. Probabilistic forecasts of surface air temperature (a) and precipitation (б) for the season for June-August 2024.

На большей части территории Северной Евразии летний сезон 2024 г. ожидался теплее нормы (рис. 5а). Области с положительными аномалиями с высокой вероятностью (75–90 %) ожидалось в Южной Европе, на юге ЕТР, за исключением восточных районов, юге и востоке Центральной Азии, юге-западе Сибирского ФО. Анализируя фактические данные можно

сделать вывод, что в этих районах прогноз оправдался хорошо, за исключением юга Прикаспийского региона, где температурный фон летом был близок к норме.

С вероятностью 30 % отрицательные аномалии приземной температуры местами прогнозировались на севере ЕТР, а над Кольским п-вом присутствовала неопределенность, по фактическим данным в этих регионах температурный фон был выше нормы.

Успешным прогноз положительных аномалий температуры воздуха был для территории Европы, западных и центральных областей ЕТР, Красноярского края, большей части Якутии, кроме юго-восточных районов (рис. 5а).

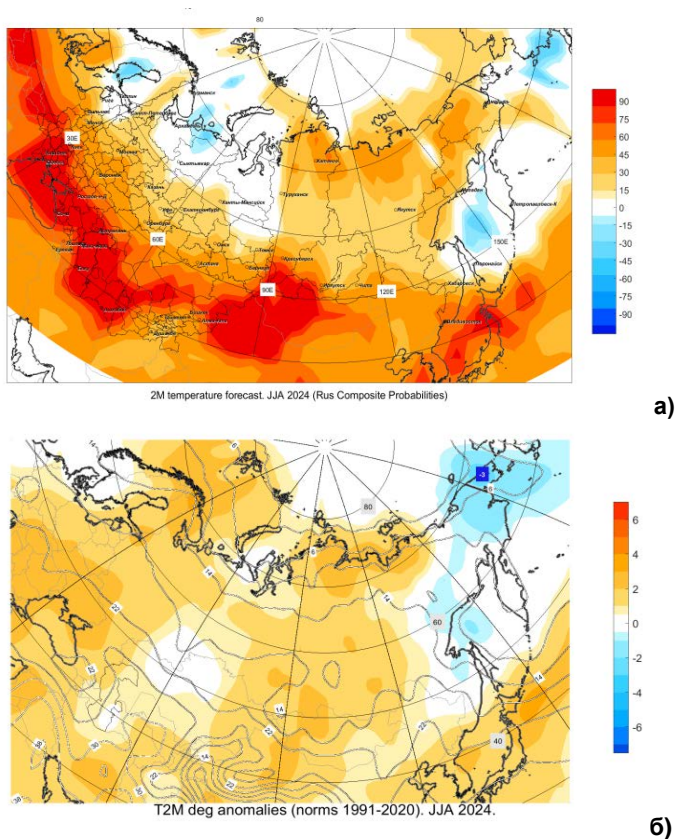


Рис. 5. Консенсусный прогноз среднесезонной аномалии температуры воздуха на лето 2024 г. в вероятностной форме, рассчитанный на основе интерпретации данных трех российских моделей (ПЛАВ, ГГО, ИВМ) (а); распределение нормированных аномалий приземной температуры на лето 2024 г. по данным реанализа ERA5 (б).

Fig. 5. Consensus forecast of the mean seasonal air temperature anomaly for the summer season 2024 in probabilistic form, calculated on the basis of data interpretation of 3 Russian models (PLAV, GGO, INM) (a); distribution of normalized surface temperature anomalies according to ERA5 reanalysis data for the summer season 2024 (b).

Положительные аномалии с вероятностью 30–50 % ожидалось в западных районах Чукотского автономного округа, и неопределенность в прогнозах присутствовала на востоке полуострова, по факту аномалии за летний сезон здесь были отрицательными. Неуспешным прогноз оказался в Магаданской области и Хабаровском крае, температура в этих районах была около нормы и ниже ее, ожидалось с вероятностью 30–40 % положительные аномалии.

Более успешным, согласно качественному анализу данных, оказался и прогноз осадков на лето 2024 г., составленный на основе данных трех российских моделей ПЛАВ, ГГО, ИВМ с равными весовыми коэффициентами, по сравнению с прогнозом ВМО (рис. 6).

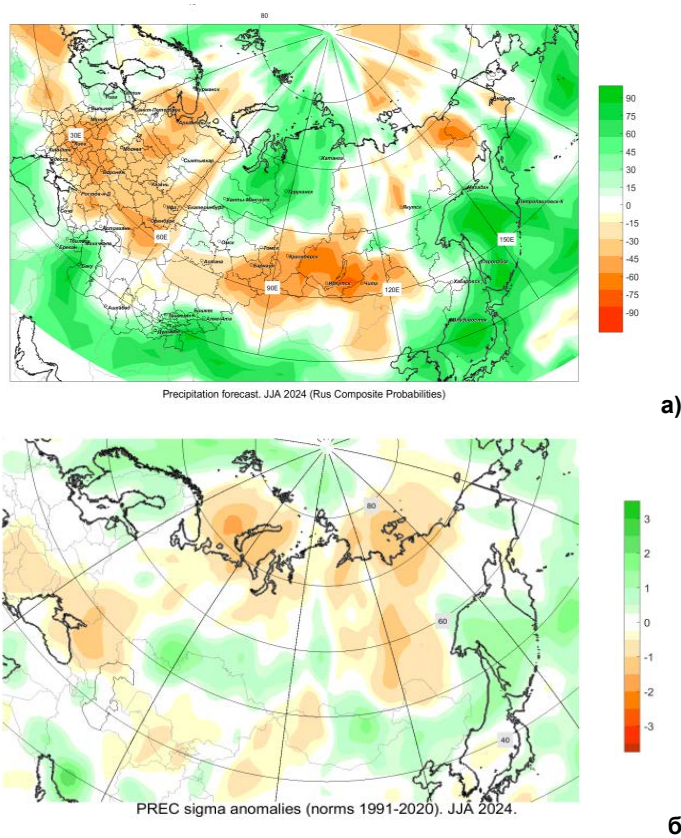


Рис. 6. Консенсусный прогноз среднесезонной аномалии осадков на лето 2024 г. в вероятностной форме, рассчитанный на основе интерпретации данных трех российских моделей (ПЛАВ, ГГО, ИВМ) (а); распределение нормированных аномалий осадков за летний сезон 2024 г. по данным реанализа ERA5 (б).

Fig. 6. Consensus forecast of the mean seasonal precipitation anomaly for the summer season 2024 in probabilistic form, calculated on the basis of data interpretation of 3 models (PLAV, GGO, INM) (a); distribution of normalized precipitation anomalies according to ERA5 reanalysis data for the summer season 2024 (b).

Прогноз дефицита осадков (вероятность 45–75 %) хорошо оправдался на юге Восточной Европы, юге и крайнем севере ЕТР и севере Якутии.

Успешным был прогноз избытка осадков в Приморском крае и на побережье Охотского моря (Хабаровский край и Магаданская область). Плохо оправдался прогноз на большей части Сибири, только в центральных округах Красноярского края хорошо спрогнозировано превышение нормы осадков.

Для количественной оценки успешности консенсусного прогноза использовались показатель оправдываемости прогноза и коэффициент корреляции между значениями аномалий. Показатель оправдываемости скомплексированного по результатам российских моделей (ПЛАВ, ГГО, ИВМ) прогноза на летний сезон 2024 г. по территории Северной Евразии для приземной температуры воздуха составил 82 %, для осадков – 63 % (табл. 4). Для прогнозов аномалий приземной температуры воздуха наивысшие показатели оправдываемости (93 %) были в Центральной Азии, для осадков – во втором естественном синоптическом районе (е.с.р.) (67 %).

Таблица 4. Оценки прогнозов на летний сезон 2024 г.

Table 4. Forecast assessment for the summer season 2024

Параметр	СНГ	1 е.с.р.*	2 е.с.р.*	Центр. Азия и Казахстан
Оправдываемость прогноза (%)				
Температура 2м	82	84	82	93
Осадки	63	59	67	54
Коэффициент корреляции аномалий (АСС)				
Температура 2м	0.79	0.78	0.81	0.82
Осадки	0.12	0.01	0.30	-0.20

Примечание. *1 е.с.р., 2 е.с.р. – первый и второй естественные синоптические районы.

Коэффициент корреляции между данными реанализа ERA5 и консенсусного прогноза аномалий приземной температуры воздуха для территории Северной Евразии равен 0,79. Наиболее высоким коэффициент корреляции для прогноза температуры, как и для показателя оправдываемости, был в Центральной Азии (0,82), чуть уступает ему прогноз по второму е.с.р. (0,81). Для прогностических данных полей осадков коэффициент оказался невысоким для всех территориальных районов.

Выводы

Изменения климата, наблюдаемые в последние десятилетия, проявляются в росте экстремальности погодных условий и увеличении частоты опасных гидрометеорологических явлений. Летний сезон 2024 г. стал рекордно тёплым в Северном полушарии: глобальная температура поверхности Земли за период июнь–август 2024 г. достигла исторического максимума с 1851 г. с аномалией +1,24 °С. Температура поверхности суши

превысила норму на 1,84 °С, что сделало этот сезон самым жарким за всю историю наблюдений. В тропической зоне Тихого океана летом 2024 г. наблюдалась нейтральная фаза Эль-Ниньо – Южного колебания. Минимум площади арктического льда в 2024 г. стал седьмым среди минимальных значений за всю историю спутниковых наблюдений начиная с 1979 года.

Для территории Российской Федерации 2024 год также оказался аномальным по количеству опасных гидрометеорологических явлений.

Хотя в средней тропосфере не отмечалось длительных процессов блокирования, циркуляционные условия на высоте и у поверхности способствовали формированию волн жары в Республике Коми, Белгородской области, Кировской области, республиках Удмуртия и Крым, на юге Сибири, в Забайкальском крае и Республике Бурятия. Эти процессы привели к значительным потерям в энергетическом и сельскохозяйственном секторах, а также к активизации очагов лесных пожаров.

На юге Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов наблюдались сильные осадки, вызвавшие подъём уровня рек, локальные дождевые паводки, размыв дорог, подтопление приусадебных участков и жилых домов, а также временные нарушения движения транспорта. Эти осадки были связаны со смещением на север центра Азиатского минимума и повышенной активностью южных циклонов.

Качественный анализ полей мультимодельного прогноза ВМО и консенсусного прогноза СЕАКОФ-26 среднесезонных аномалий температуры воздуха и осадков на летний сезон 2024 г. показал, что консенсусный прогноз, составленный на основе данных трёх российских моделей (ПЛАН, ГГО, ИВМ) с равными весовыми коэффициентами, обладает более высокой успешностью. Это подчеркивает важность использования современных моделей и методов для улучшения прогностических возможностей на фоне меняющегося климата.

В условиях увеличения климата экстремальных погодных явлений актуальность постоянного мониторинга атмосферных процессов и улучшения качества сезонных прогнозов становится критически важной. Детальное изучение глобальных циркуляционных тенденций необходимо для повышения качества предсказуемости крупномасштабных процессов и минимизации экономических потерь.

Летний сезон 2024 года подтвердил тенденцию к усилению экстремальности климата, что требует дальнейшего развития методов прогнозирования и мониторинга для адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Список литературы

1. Варгин П.Н., Воробьева В.В., Володин Е.М., Хан В.М., Тарасевич М.А. Исследование предсказуемости изменчивости стратосферного полярного вихря в Арктике в сезонных прогнозах климатической модели ИВМ РАН // Метеорология и гидрология. 2024. №8. С. 60-72.
2. Вильфанд Р.М., Емелина С.В., Тищенко В.А., Толстых М.А., Хан В.М. Статистическая коррекция долгосрочных прогнозов приземной температуры воздуха по модели ПЛАН для территории Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2024. № 5. С. 5-16.
3. Вильфанд Р.М., Мищенко С.Л., Васильева Е.Л., Хан В.М., Васильев П.П. Анализ пожарной опасности в лесах России на фоне сложившихся метеорологических условий в теплый сезон 2023 г. // Метеорология и гидрология. 2024. № 10. С. 139-144.

4. *Виноградова В.В.* Зимние волны холода на территории России со второй половины XX века // *Известия РАН. Серия географическая.* 2018. № 3. С. 37-46.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. М.: Росгидромет, 2025. 139 р.
6. *Кланг П.С., Хан В.М., Тарасова Л.Л.* Оценка объемной влажности почвы реанализа ERA5 по данным наблюдений влагозапасов в регионах ЕТР // *Агрометеорология XXI века.* Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 145-летию Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона «145 лет истории наблюдений за погодой в Москве: 1879–2024 гг.», часть 4. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2024. С. 30-36.
7. *Куликова И.А., Вильфанд Р.М., Хан В.М., Круглова Е.Н., Тищенко В.А., Емелина С.В., Каверина Е.С., Набокова Е.В., Субботин А.В., Сумерова К.А., Толстых М.А.* Климатические прогнозы. Часть I. Современное состояние и перспективы развития // *Метеорология и гидрология.* 2024. № 7. С. 5-23.
8. *Куликова И.А., Вильфанд Р.М., Хан В.М., Круглова Е.Н., Тищенко В.А., Емелина С.В., Каверина Е.С., Набокова Е.В., Субботин А.В., Сумерова К.А., Толстых М.А.* Климатические прогнозы. Часть II. Вероятностные подходы // *Метеорология и гидрология.* 2024. № 8. С. 5-19.
9. *Макоско А.А., Матешева А.В., Емелина С.В.* О тенденциях рисков для здоровья от загрязнения атмосферы и изменения погодно-климатической комфортности на территории России до 2050 года // *Метеорология и гидрология.* 2024. № 2. С. 107-120.
10. *Соколов Ю.А.* Риски экстремальных погодных явлений // *Проблемы анализа риска.* 2018. Т. 15, № 3. С. 6-21.
11. *Сумерова К.А., Хан В.М., Тищенко В.А., Вильфанд Р.М.* Основные особенности климатических условий зимнего сезона 2023–24 гг. по данным мониторинга и прогнозов // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы.* 2024. № 3 (393). С. 6-22.
12. *Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Зарипов Р.Б., Травова С.В., Гойман Г.С., Алипова К.А., Мизяк В.Г., Тищенко В.А., Круглова Е.Н.* Модель долгосрочного метеорологического прогноза ПЛАН072Е96 // *Метеорология и гидрология.* 2024. № 7. С. 25-39.
13. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf
14. *Хан В.М., Куликова И.А., Вильфанд Р.М.* Потенциальная эффективность и неопределенность сезонных метеорологических прогнозов, выпускаемых в Гидрометцентре России // *Сборник докладов XIV Всероссийского совещания по проблемам управления.* ВСПУ-2024. Москва, 17-20 июня 2024 г. С. 2209-2213.
15. *Хан В.М., Круглова Е.Н., Тищенко В.А., Куликова И.А., Субботин А.В., Грищун А.С., Володин Е.М., Тарасевич М.А., Воробьева В.В.* Верификация сезонных ансамблевых прогнозов на базе модели Земной системы INM-CM5 // *Метеорология и гидрология.* 2024. № 7. С. 40-55.
16. *Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J.* The ERA5 global reanalysis // *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 2020. Vol. 146 (730). P. 1999-2049.
17. State of the Global Climate 2023 // WMO-No. 1347. 2024, <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023>
18. State of the Climate in Asia 2023 // WMO-No. 1350. 2024, <https://library.wmo.int/records/item/68890-state-of-the-climate-in-asia-2023>
19. WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019) // WMO-No. 1267. 2021. <https://library.wmo.int/records/item/57564-wmo-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019#.YS9CMNMzZBx>

References

1. *Vargin P.N., Bragina V.V., Volodin E.M., Khan V.M., Tarasevich M.A.* Investigation of the Predictability of the Arctic Stratospheric Polar Vortex Variability in the INMCM5 Seasonal Predictions. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 8, pp. 700-710. DOI: 10.3103/S1068373924080053
2. *Vil'fand R.M., Emelina S.V., Tischenko V.A., Tolstykh M.A., Khan V.M.* Statistical correction of the SL-AV model long-term forecasts of surface air temperature for the territory of Northern

Eurasia. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 5, pp. 383-391. DOI: 10.3103/S1068373924050017

3. Vil'fand R.M., Mishchenko S.L., Vasileva E.L., Khan V.M., Vasilev P.P. Analysis of fire danger in Russian forests against meteorological conditions in the warm season of 2023. *Meteorologija i gidrologija [Russian Meteorology and Hydrology]*, 2024, no. 10, pp. 139-144 [in Russ.].

4. Vinogradova V.V. Cold waves in winter in Russia since the second half of the 20th century. *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*, 2018, no. 3, pp. 37-46 [in Russ.].

5. Doklad ob osobennostjakh klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2024 god. Moscow: Rosgidromet publ., 2025, 139 p. [in Russ.].

6. Klang P.S., Khan V.M., Tarasova L.L. Ocenka ob#emnoj vlazhnosti pochvy reanaliza ERA5 po dannym nabljudenij vlagozapasov v regionah ETR. *Agrometeorologija XXI veka. Vse-rossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija, posvjashhennaja 145-letiju Meteorologicheskoy observatorii imeni V.A. Mihel'sona «145 let istorii nabljudenij za pogodnoj v Moskve: 1879–2024 gg.»*, chast' 4. Moscow: RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2024, pp. 30-36 [in Russ.].

7. Kulikova I.A., Vil'fand R.M., Khan V.M., Kruglova E.N., Tishchenko V.A., Emelina S.V., Kaverina E.S., Nabokova E.V., Subbotin A.V., Sumerova K.A., Tolstykh M.A. Climate forecasts. Part I: Current status and development prospects. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 6, pp. 563-575. DOI: 10.3103/S106837392407001X

8. Kulikova I.A., Vil'fand R.M., Khan V.M., Kruglova E.N., Tishchenko V.A., Emelina S.V., Kaverina E.S., Nabokova E.V., Subbotin A.V., Sumerova K.A., Tolstykh M.A. Climate forecasts. Part II: Probabilistic approaches. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 8, pp. 659-668. DOI: 10.3103/S1068373924080016

9. Makosko A.A., Matesheva A.V., Emelina S.V. On Trends in the Health Risks from Air Pollution and in Changing Levels of Weather and Climate Comfort in Russia until 2050. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 2, pp. 158-167. DOI: 10.3103/S1068373924020092

10. Sokolov Ju.A. Riski jekstremal'nyh pogodnyh javlenij. *Problemy analiza riska*, 2018, vol. 15, no. 3, pp. 6-21.

11. Sumerova K.A., Khan V.M., Tishchenko V.A., Vil'fand R.M. The main features of climatic conditions in the winter season of 2023/2024 according to monitoring and forecasts. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting]*, 2024, vol. 393, no. 3, pp. 6-22. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2024-3-6-22> [in Russ.].

12. Tolstykh M.A., Fadeev R.Yu., Shashkin V.V., Zaripov R.B., Travova S.V., Goyman G.S., Alipova K.A., Mizyak V.G., Tishchenko V.A., Kruglova E.N. The SLAV072L96 model for long-range meteorological forecasts. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 7, pp. 576-586. DOI: 10.3103/S1068373924070021

13. Tretij ocenochnyj doklad ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii. https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf [in Russ.].

14. Khan V.M., Kulikova I.A., Vil'fand R.M. Potencial'naja jeffektivnost' i neopredelennost' sezonnyh meteorologicheskikh prognozov, vypuskaemyh v Gidrometcentre Rossii. *Sbornik dokladov XIV Vserossijskogo soveshhanija po problemam upravlenija, VSPU-2024*, Moscow, 17-20 ijunja 2024 g, pp. 2209-2213 [in Russ.].

15. Khan V.M., Kruglova E.N., Tishchenko V.A., Kulikova I.A., Subbotin A.V., Gritsun A.S., Volodin E.M., Tarasevich M.A., Bragina V.V. Verification of seasonal ensemble forecasts based on the INM-CM5 Earth system model. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2024, vol. 49, no. 7, pp. 587-597. DOI: 10.3103/S1068373924070033

16. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 2020, vol. 146 (730), pp. 1999-2049.

17. State of the Global Climate 2023 // WMO-No. 1347. 2024, <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023>

18. State of the Climate in Asia 2023. *WMO-No. 1350*, 2024, <https://library.wmo.int/records/item/68890-state-of-the-climate-in-asia-2023>

19. WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019). *WMO-No. 1267*, 2021, <https://library.wmo.int/records/item/57564-wmo-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019#.YS9CMNMzZBx>