

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-2-6-19>

УДК 551.5

**Климатические особенности
зимнего сезона 2020/2021 гг. и прогностические оценки
температурно-влажностного режима на лето 2021 г.
по территории Северной Евразии**

***V.M. Khan, R.M. Vilyfand, S.V. Emelina, E.S. Kaverina,
E.N. Kruglova, I.A. Kulikova, K.A. Sumerova, V.A. Tischenko***

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
khan@mecom.ru*

Анализируются основные особенности крупномасштабной атмосферной циркуляции в Северном полушарии за прошедшую зиму 2020/2021 гг.; приводится успешность консенсусных прогнозов температуры воздуха и осадков, составленных в ходе работы предыдущей сессии Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ-19), с оценками качества консенсусных прогнозов по территории Северной Евразии; рассматриваются и анализируются основные особенности термического состояния океана и крупно-масштабной циркуляции атмосферы на предстоящее лето 2021 г.; формулируется прогноз аномалий приземной температуры воздуха и осадков на лето 2021 года, согласованный с экспертами-участниками СЕАКОФ-20.

Ключевые слова: Северо-Евразийский климатический форум, Северо-Евразийский климатический центр, консенсусный прогноз, температура воздуха, осадки, крупномасштабная атмосферная циркуляция, гидродинамические модели, температура поверхности океана

**Climatic features of the 2020/2021 winter season
and the air temperature and precipitation outlook
for the summer of 2021 over Northern Eurasia**

***V.M. Khan, R.M. Vilyfand, E.V. Emelina, E.S. Kaverina,
E.N. Kruglova, I.A. Kulikova, K.A. Sumerova, V.A. Tischenko***

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
khan@mecom.ru*

The main features of the Northern Hemisphere large-scale atmospheric circulation are analyzed for the past 2020/2021 winter. The accuracy of consensus forecasts of air temperature and precipitation compiled during the work of the 19th session of the North Eurasian Climate Outlook Forum (NEACOF-19) is presented, with the skill scores of consensus forecasts for Northern Eurasia. The main features of the thermal state of the ocean and large-scale atmospheric circulation for the coming summer of 2021 are considered and analyzed. A forecast of surface air temperature and precipitation anomalies for the summer of 2021 agreed with the NEACOF-20 experts is formulated.

Keywords: North Eurasian Climate Outlook Forum, North Eurasian Climate Center, consensus forecast, air temperature, precipitation, large-scale atmospheric circulation, hydrodynamic models, sea surface temperature

Введение

Северо-Евразийский климатический центр – СЕАКЦ [1, 4, 10] под эгидой Всемирной метеорологической организации начиная с 2011 года на регулярной основе проводит Северо-Евразийские климатические форумы. Площадка СЕАКОФ позволяет объединить национальных и международных экспертов из метеослужб и исследовательских центров, отраслевых пользователей и представителей заинтересованных сторон для обсуждения целого ряда вопросов, связанных с научно-оперативными задачами по прогнозированию климатической изменчивости на сезонных масштабах в Северной Евразии [2, 11, 13]. Юбилейная 20-я сессия Северо-Евразийского климатического форума СЕАКОФ-20 прошла в онлайн-режиме на базе ФГБУ «Гидрометцентр России» с 20 по 21 мая 2021 г. В первый день работы СЕАКОФ-20 были представлены доклады и дискуссии ведущих экспертов из прогностических центров Германии, Индии, Китая, Франции, Японии, представителей Секретариата Всемирной метеорологической организации, специалистов Гидрометцентра России, НИУ Росгидромета, Московского автодорожного института. Программа второго дня СЕАКОФ-20 в основном затрагивала оперативно-прогностические вопросы. В ходе мероприятия ведущие специалисты СЕАКЦ и метеослужб стран СНГ обсуждали данные климатического мониторинга и сезонного прогнозирования по результатам анализа и оценок метеослужб стран СНГ и дальнего зарубежья с целью выпуска консенсусного прогноза приземной температуры воздуха и осадков на предстоящий летний сезон 2021 года по территории Северной Евразии.

Хотелось бы отметить, что в рамках работы СЕАКЦ также продолжает развиваться направление мониторинга и прогноза влияния погодно-климатических условий на различные сферы экономики [3]. Задача оценки климатических рисков в интересах различных секторов экономики является важной и актуальной [15]. В ходе форума СЕАКОФ-20 впервые был представлен бюллетень по оценке возможного влияния ожидаемых крупных аномалий температуры воздуха и осадков на жизнедеятельность населения, который в последствии планируется выпускать на регулярной основе.

В данной статье приводятся основные результаты по итогам работы СЕАКОФ-20 в части обобщенного анализа особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции в Северном полушарии за прошедшую зиму 2020/2021 гг., успешности консенсусных прогнозов температуры воздуха и осадков, составленных в ходе работы предыдущей сессии СЕАКОФ-19.

Обсуждаются основные особенности термического состояния океана и крупномасштабной циркуляции атмосферы на предстоящее лето 2021 г., приводится формулировка прогноза аномалий приземной температуры воздуха и осадков на лето 2021 г. по согласованию с экспертами-участниками форума.

Информация о СЕАКОФ-20, программа форума и итоговое консенсусное решение доступны на сайте СЕАКЦ (<http://seakc.meteoinfo.ru/-neacof/367-neacof20>).

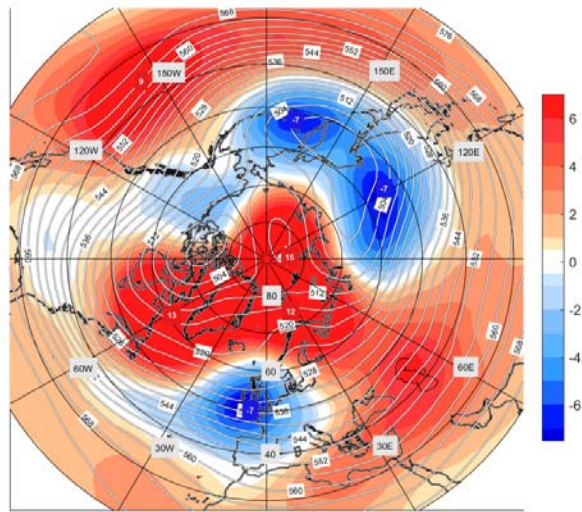
Основные особенности атмосферной циркуляции в Северном полушарии зимой 2020/2021 гг.

По данным мониторинга климатической системы в декабре 2020 года наблюдался сильный стратосферный полярный вихрь со скоростями среднезонального ветра на 20–30 м/с, больше среднеклиматических значений. В конце декабря температура полярной стратосферы начала повышаться и скорость среднезонального ветра замедлилась. В начале января 2021 г. произошло главное внезапное стратосферное потепление (ВСП), длившееся около трех недель и вошедшее в десятку наиболее длительных. ВСП произошло при западной фазе квазидвухлетнего цикла колебаний зонального ветра в экваториальной стратосфере и при холодной фазе Ла-Нинья. ВСП сопровождалось усилением в стратосфере Алеутского антициклона. Восстановление западного направления среднезонального ветра произошло в нижней стратосфере в конце января, в средней – в начале февраля.

В средней тропосфере на уровне АТ500 гПа (рис. 1а) в зимнем сезоне мощные тропосферные гребни распространяли свое влияние на север, взаимодействуя, образовывали над полюсом блокирующие процессы. Под их влиянием околполярный циклон деформировался и сместился относительно нормального положения, тем самым нарушив зональную циркуляцию в полярных широтах.

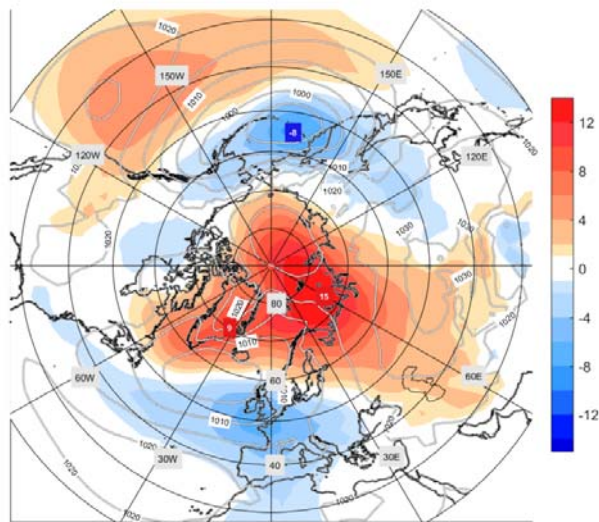
Индекс Арктического колебания большую часть зимнего периода был отрицательным с минимальными значениями в первой половине февраля. Западно-восточный перенос восстановился только во второй половине февраля, и над Северной Атлантикой активизировался циклогенез.

У поверхности земли над полярной областью в течение зимнего сезона доминировали гребни и антициклоны (рис. 1б), наиболее мощными они были в феврале. Исландский минимум оказался несколько смещен от своего нормально положения, а связанная с ним глубокая ложбина занимала практически всю территорию Европы. Процессы блокирования над Европейской территорией России, а также мощные гребни полярных антициклонов и интенсивная западная периферия Сибирского максимума в декабре привели к формированию обширной зоны положительных аномалий приземного давления над Европейской территорией России.



H500 dam anomalies (norms 1981-2010). ERA5. Winter 2020.

а)



MSLP hPa anomalies (norms 1981-2010). ERA5. Winter 2020.

б)

Рис. 1. Карта аномалий относительно периода 1981–2010 гг. и значений, осредненных за зимний сезон 2020/2021 гг.: геопотенциала на поверхности AT-500 (а); приземного давления, приведенного к уровню моря (б) по данным реанализа ERA5.

Fig. 1. Anomalies of the averaged over the winter season 2020/2021: geopotential at H-500 hPa (a); sea level pressure (б) based on to ERA5 reanalysis data (reference period 1981-2010).

Сибирский максимум, обширный и мощный в декабре и январе, в феврале оказался сильно ослабленным. На среднемесячной карте центр его располагается на юге центральной Сибири. Восточная часть Сибирского максимума была ослаблена, а северная и западная периферии были интенсивными. В Тихом океане оба центра действия атмосферы, Алеутский минимум и Тихоокеанский максимум, были хорошо выражены, аномалии в районе Алеутских островов составляла -8 гПа, на северо-востоке Тихого океана $+6$ гПа.

Успешность прогнозов температуры воздуха и осадков за зимний сезон 2020/2021 гг.

С развитием и совершенствованием ансамблевых прогностических систем появляются реальные возможности для объективного подхода к выпуску долгосрочных прогнозов по разным регионам мира. Применение методов статистической интерпретации выходных данных моделей также позволяет несколько улучшить качество прогностической информации [6–8].

В рамках развития методов составления консенсусных прогнозов на двух предыдущих сессиях СЕАКОФ применялся полуобъективный подход к составлению консенсусного прогноза на основе комплексации результатов интегрирования моделей атмосферы и океана пяти прогностических центров: Гидрометцентра России/ИВМ РАН [9], Главной геофизической обсерватории [5], метеослужбы Канады ECCC/MSM, Токийского климатического центра (ТСС) и Центра прогнозирования климата (СРС NOAA США). Веса моделей при комплексировании обсуждались участниками форума по результатам обобщенного анализа данных мониторинга крупномасштабных циркуляционных составляющих. По этой причине подход к составлению консенсусного прогноза носил полуобъективный характер.

Ниже приводится анализ успешности прогноза аномалий температуры воздуха и осадков за зиму 2020/2021 гг.

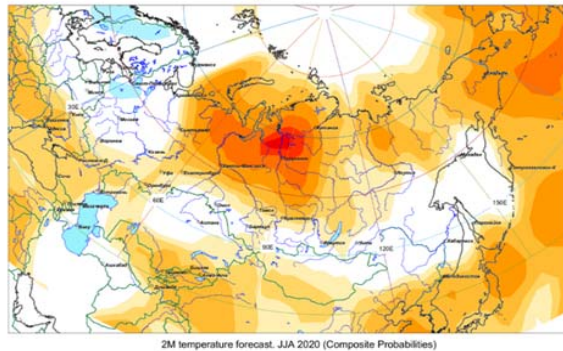
В зимний сезон обширная зона отрицательных аномалий температуры воздуха охватила центральную и восточную части Европейской территории России, Урал и практически всю территорию Сибири (рис. 2б). Основной вклад в эту аномалию внесли очень холодные январь и февраль. Обширные очаги холода на территории России не были спрогнозированы по данным консенсусного прогноза, предсказывались аномалии выше нормы (рис. 2а).

По фактическим данным в российском секторе Арктики аномалии были положительными, максимальные положительные аномалии (более 6 °С) отмечались на арктическом побережье Таймыра. В указанных выше северных регионах прогноз полностью оправдался. Близко к норме и чуть выше температура воздуха за зимний сезон оказалась на юге Восточной Сибири, севере Якутии, Чукотке, в Магаданской области, севере

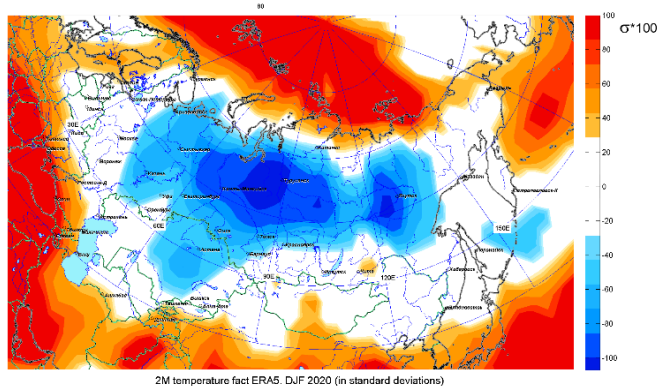
Камчатки. В республиках Беларусь, Украина и Молдова среднесезонная температура воздуха превысила климатическую норму, что было отражено в прогнозе.

Теплее обычного зимний сезон оказался на юге Европейской территории России и в республиках Закавказья. Эти особенности в консенсусном прогнозе были отмечены.

На большей части Республики Казахстан зимняя температура воздуха была ниже климатической нормы, лишь в крайних западных и восточных областях немного ее превышала.



а)



б)

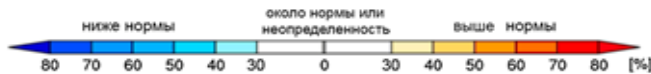
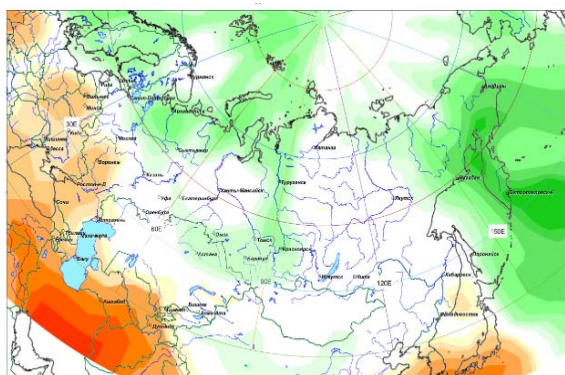


Рис. 2. Консенсусный прогноз среднесезонной аномалии температуры воздуха на зиму 2020/2021 гг. в вероятностной форме, рассчитанный на основе интерпретации данных 5 моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2) (а); распределение нормированных аномалий приземной температуры по данным ERA5 реанализа за зимний сезон 2020/2021 гг. (б).

Fig. 2. Consensus forecast of the average seasonal air temperature anomaly in winter 2020/2021 in probabilistic form based on the interpretation of 5 forecast models (PLAV, GGO, TCC, CanSIP, CFS2) (a); distribution of normalized surface temperature anomalies based on the ERA5 reanalysis data for the winter season 2020/2021. (б).

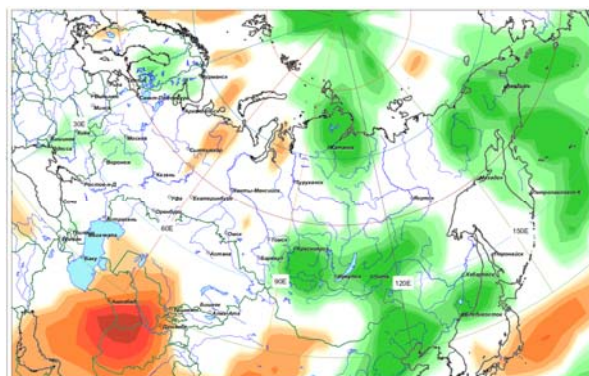
Особенно холодным в Казахстане выдалось начало зимнего сезона. Зона отрицательных аномалий среднесезонной температуры воздуха распространилась и на северные районы Узбекистана. На остальной территории среднеазиатских республик средняя за сезон температура воздуха была около и выше климатической нормы. Консенсусный прогноз по температуре воздуха для территории Средней Азии оправдался с умеренной успешностью.

На большей части СНГ осадков за холодный период выпало в пределах или выше нормы (рис. 3б).



Precipitation forecast, DJF 2020 (Composite Probabilities)

а)



Precipitation fact ERA5, DJF 2020 (in Standard Deviations)

б)

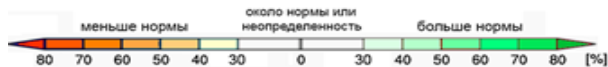


Рис. 3. Консенсусный прогноз среднесезонных аномалий осадков на зиму 2020/2021 гг. в вероятностной форме, рассчитанный на основе интерпретации данных 5 моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2) (а); распределение нормированных аномалий осадков по данным ERA5 реанализа за зимний сезон 2020/2021 гг. (б).

Fig. 3. Consensus forecast of the average seasonal precipitation anomaly in winter 2020/2021 in probabilistic form based on the interpretation of 5 forecast models (PLAV, GGO, TCC, CanSIP, CFS2) (a); distribution of normalized precipitation anomalies based on the ERA5 reanalysis data for the winter season 2020/2021. (b).

Большие влагозапасы снежного покрова были на Азиатской территории России. Месячные суммы осадков в Забайкалье в январе и феврале в 2–3 раза превышали норму. Консенсусный прогноз правильно воспроизвел избыток осадков на севере Красноярского края, северо-востоке и юге Европейской территории России (рис. 3а)

Дефицит осадков отмечался в центральных и юго-западных районах Казахстана, на территории Узбекистана и большей части Туркменистана, Таджикистана, Киргизии. Прогноз воспроизвел основные особенности распределения осадков в Средней Азии.

Успешность консенсусного прогноза на зиму 2020/2021 гг. [2] по всей территории Северной Евразии для приземной температуры воздуха составила 55 %, для осадков – 75 % (таблица). Наиболее высокие оценки оправдываемости прогнозов как для аномалий температуры воздуха (70 %), так и для осадков (86 %) отмечены по территории Средней Азии.

Таблица. Оценки консенсусных прогнозов температуры воздуха и осадков (%) за зимний сезон 2020/2021 гг.

Table. Skill scores in % of consensus forecasts of air temperature and precipitation for the winter season 2020/2021

	Северная Евразия	Европейская часть	Азиатская часть	Центральная Азия
Температура воздуха	55	55	51	70
Осадки	75	77	72	86

Ожидаемые оценки термического состояния океана и крупномасштабной циркуляции атмосферы на летний сезон 2021 года

Согласно прогнозам IRI/CPC, вероятности событий La Nina (Ла-Нинья), нейтральной фазы, и El Nino (Эль-Ниньо) (Nino3.4, пороговые значения: $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) в предстоящем летнем сезоне: 20 %, 68 % и 12 % соответственно.

Большинство центров прогнозируют значительные положительные аномалии ТПО в северной части Тихого океана, связанные с отрицательной фазой Тихоокеанской декадной осцилляции (PDO). Данное обстоятельство может привести к существенному изменению положения и интенсивности Алеутского минимума и Субтропического максимума. В Северной Атлантике на большей части акватории ожидаются положительные аномалии ТПО, наиболее значительные – в районе Гольфстрима, к северу от Исландии и на акватории Баренцева

моря, что соответствует положительной фазе индекса Северо-Атлантического колебания (NAO), а также активизации Исландского минимума и Азорского антициклона.

С точки зрения режимов атмосферной циркуляции, летний сезон 2021 г. на большей части территории Северной Евразии ожидается неоднородным.

В первой половине лета наиболее вероятно преобладание меридиональных форм атмосферной циркуляции, блокирующих ситуаций над Европой на фоне усиления влияния Азорского антициклона и распространения его гребня на север. В свою очередь для Исландского минимума есть сигнал об ослаблении и сокращении сферы влияния.

Во второй половине лета наиболее вероятно усиление зонального переноса над Европой на фоне интенсификации атлантических центров действия и приближения их к своему климатическому положению. При этом циркумполярный вихрь над полюсом активизируется, обуславливая также повышенную активность циклонов над севером Сибири и Дальнего Востока. Тихоокеанские центры действия могут быть сдвинуты на северо-запад. При этом Алеутский минимум, распространившись на Чукотку, по своей интенсивности, возможно, приблизится к норме. Субтропический максимум, довольно сильный и хорошо выраженный, может оказать влияние на юг Дальнего Востока.

Консенсусный прогноз аномалий приземной температуры воздуха и осадков на лето 2021 года

По заключению участников СЕАКОФ-20, летний сезон 2021 г. ожидается теплее обычного в полярной зоне Северной Евразии (вероятность 55–65 %), за исключением крайних западных и восточных районов. Положительные аномалии температуры воздуха с вероятностью от 40 до 60 % ожидаются на юге Европейской территории России, на Украине, в Молдавии, Закавказье.

На территории Центральной Азии, за исключением севера Казахстана, температурный фон ожидается выше нормы с вероятностью 40–45 %. Крайний юг Дальнего Востока с вероятностью 60–65 % также будет находиться под влиянием повышенного температурного фона. Температура воздуха ниже нормы с вероятностью около 40 % прогнозируется на северо-западе Европейской территории России, в центральных районах Якутии и на Камчатке (рис. 4).

Избыточное увлажнение с вероятностью до 45% ожидается в полярной зоне Северной Евразии, за исключением северо-восточных районов Северо-Западного федерального округа, на юге Дальневосточного федерального округа. Дефицит осадков возможен (вероятность 40–55 %) на юге Европейской территории России, на Украине, в Белоруссии, Молдавии, Закавказье, сопредельных территориях Приволжского и Уральского федеральных округов, юге Западной Сибири.

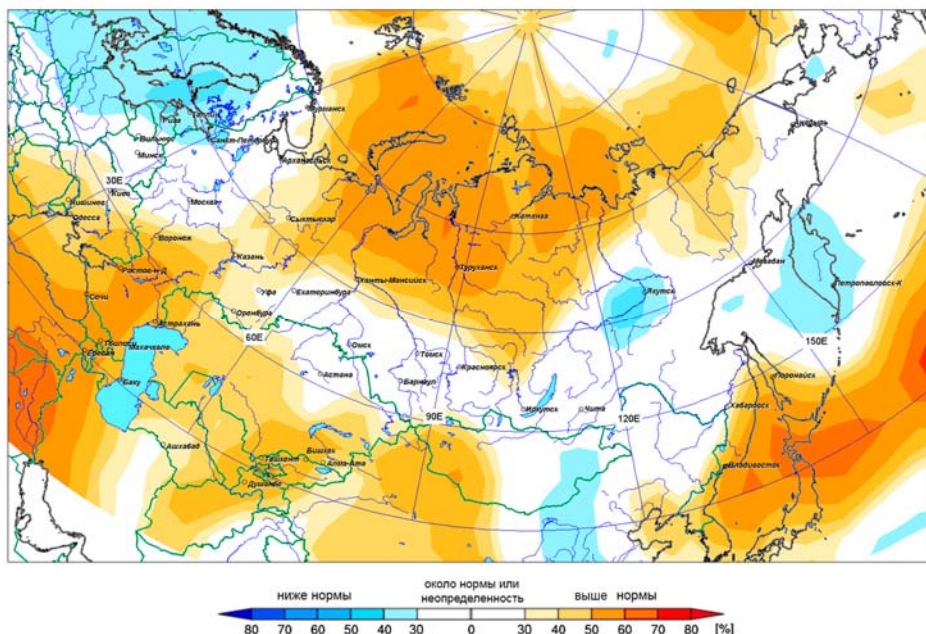


Рис. 4. Консенсусный прогноз среднесезонной аномалии температуры воздуха на лето 2021 г. в вероятностной форме, рассчитанного на основе интерпретации данных 5 моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2). Положительные аномалии обозначены красным, отрицательные – синим цветом, насыщенность цвета соответствует вероятности аномалии.

Fig. 4. Map of the consensus forecast of the mean seasonal air temperature anomaly for the summer of 2021 in probabilistic form, based on the interpretation of data from 5 models (PLAV, MGO, TCC, CanSIP, CFS2). Positive anomalies are indicated in red, negative anomalies in blue, the color saturation corresponds to the probability of an anomaly.

На территории Центральной Азии, в центральных районах Красноярского края и Якутии с вероятностью около 40 % возможны осадки ниже нормы (рис. 5).

Авторы выражают глубокую благодарность П.Н. Варгину за ценное консультирование в ходе проведения анализа стратосферной циркуляции. Исследование по предсказуемости крупномасштабных циркуляционных процессов выполнено в Гидрометцентре России за счет гранта Российского научного фонда № 21-17-00254, <https://rscf.ru/project/21-17-00254/>.

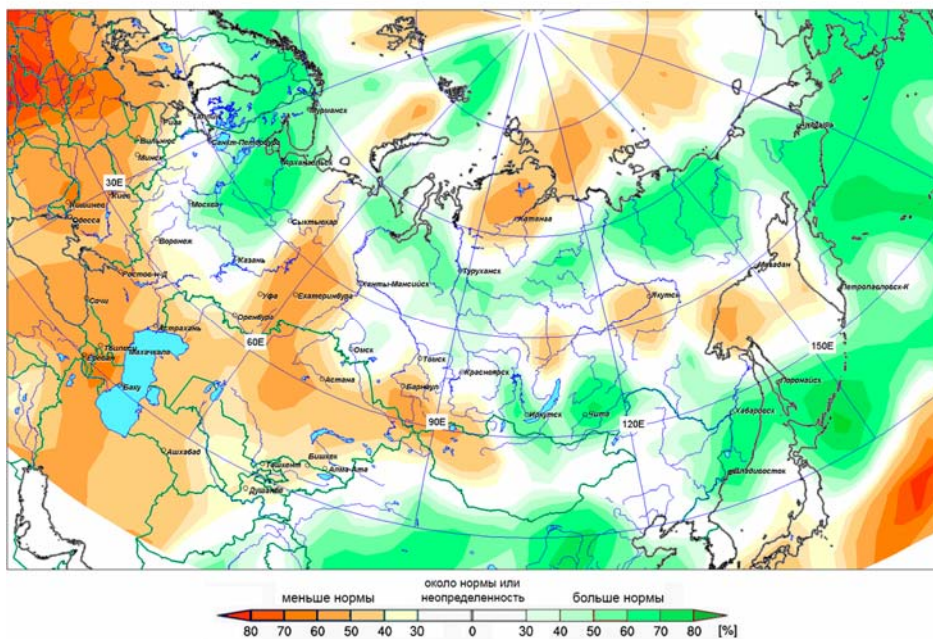


Рис. 5. Карта консенсусного прогноза среднесезонной аномалии осадков на лето 2021 г. в вероятностной форме, рассчитанного на основе интерпретации данных 5 моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2). Положительные аномалии обозначены зеленым, а отрицательные – красным цветом, насыщенность цвета соответствует вероятности аномалии.

Fig. 5. Map of the consensus forecast of the mean seasonal precipitation anomaly for the summer of 2021 in probabilistic form, based on the interpretation of data from 5 models (PLAV, MGO, TCC, CanSIP, CFS2). Positive anomalies are indicated in red, negative anomalies in blue, the color saturation corresponds to the probability of an anomaly.

Список литературы

1. Вильфанд Р.М., Зарипов Р.Б., Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Крыжов В.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А., Толстых М.А., Хан В.М. Долгосрочные метеорологические прогнозы в Гидрометцентре России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 151-160.
2. Вильфанд Р.М., Сумерова К.А., Тищенко В.А., Хан В.М. Основные особенности крупномасштабной атмосферной циркуляции в контексте анализа консенсусного прогноза температуры воздуха и осадков на лето 2020 года по Северной Евразии // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 1 (379). С. 20-35.
3. Емелина С.В., Хан В.М. Перспективы развития специализированного климатического прогнозирования в СЕАКЦ // Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2021. № 1 (379). С. 101-111.

4. Киктев Д.Б., Хан В.М., Крыжов В.Н., Зарипов Р.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А. Технология выпуска региональных долгосрочных прогнозов Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 36-58.

5. Мирвис В.М., Мелешко В.П. Современное состояние и перспективы развития метеорологических прогнозов на месяц и сезон // Труды ГГО. 2008. Вып. 558. С. 3-40.

6. Тищенко В.А., Хан В.М., Толстых М.А., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Гельфан А.Н. Применение статистической коррекции для детерминистских месячных и сезонных прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ для отдельных районов России // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 121-132.

7. Тищенко В.А., Хан В.М., Круглова Е.Н., Куликова И.А. Применение статистической коррекции детерминистских прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ для Арктики // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 361. С. 47-65.

8. Тищенко В.А., Хан В.М., Круглова Е.Н., Куликова И.А. Прогнозирование осадков и температуры в бассейне реки Амур на месячных и сезонных интервалах времени // Метеорология и гидрология. 2019. № 3. С. 24-39.

9. Толстых М.А., Желен Ж.Ф., Володин Е.М., Богословский Н.Н., Вильфанд Р.М., Киктев Д.Б., Красюк Т.В., Кострыкин С.В., Мизяк В.Г., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Шляева А.В., Эзау И.Н., Юрова А.Ю. Разработка многомасштабной версии глобальной модели атмосферы ПЛАВ // Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 25-35.

10. Хан В.М. Деятельность Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) и Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ) в международной структуре ВМО по улучшению климатического обслуживания // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 5-12.

11. Хан В.М. Концепция региональных климатических форумов ВМО и вклад Северо-Евразийских климатических форумов в ее реализацию // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 366. С. 5-13.

12. Хан В.М., Куликова И.А., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Цепелев В.Ю. Составление консенсусных метеорологических прогнозов на сезон в рамках СЕАКОФ на примере зимы 2017/2018 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 4 (370). С. 88-104.

13. Хан В.М. О результатах Девятнадцатой сессии Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ-19), 17–18 ноября 2020 г. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 4 (378). С. 139-145.

14. Цепелев В.Ю., Хан В.М. Вероятностное представление долгосрочных метеорологических прогнозов, разработанных синоптическими методами // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 17-31.

15. Use of Climate Prediction to Manage Risks // WMO-No. 1174. 2016. 39 p.

References

1. Vilfand R.M., Zaripov R.B., Kiktev D.B., Kruglova E.N., Kryjov V.N., Kulikova I.A., Tischenko V.A., Tolstych M.A., Khan V.M. Long-range forecasting at Hydrometeorological Center of Russia. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya*

i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2019, vol. 374, no. 4, pp. 151-160. [in Russ.].

2. Vilfand R.M., Sumerova K.A., Tishchenko V.A., Khan V.M. The main features of large-scale atmospheric circulation in the context of analyzing the consensus forecast of air temperature and precipitation for the 2020 Northern Eurasia summer. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2021, vol. 379, no. 1, pp. 20-35. [in Russ.].

3. Emelina S.V., Khan V.M. Plan for the development of specialized climate forecasting in NEACC. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2021, vol. 379, no. 1, pp. 101-111. [in Russ.].

4. Kiktev D.B., Khan V.M., Kryzhov V.N., Zaripov R.B., Kruglova E.N., Kulikova I.A., Tishchenko V.A. Technology of issue of long-range forecasts in the North-Eurasian Climate Centre (NEACC). *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia], 2015, vol. 358, pp. 36-58. [in Russ.].

5. Mirvis V. M., Meleshko V. P. Current Status and further development of monthly and seasonal weather prediction. *Trudy GGO* [Proceedings of Voeikov Geophysical Observatory], vol. 558, pp. 3-40. [in Russ.].

6. Tishchenko V.A., Khan V.M., Tolstykh M.A., Kruglova E.N., Kulikova I.A., Gel'fan A.N. Application of statistical correction for deterministic monthly and seasonal PLAV model forecasts of air temperature and precipitation for some regions of Russia. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia], 2015, vol. 358, pp. 121-132. [in Russ.].

7. Tishchenko V.A., Khan V.M., Kruglova E.N., Kulikova I.A. Application of statistical correction to deterministic air temperature and precipitation forecasts for the Arctic region produced by SL-AV model. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia], 2016, vol. 361, pp. 47-65. [in Russ.].

8. Tishchenko V.A., Khan V.M., Kruglova E.N., Kulikova I.A. Monthly and Seasonal Prediction of Precipitation and Air Temperature in the Amur River Basin. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2019, vol. 44, no. 3, pp. 169-179. DOI: 10.3103/S1068373919030026.

9. Tolstykh M. A., Geleyn J.-F., Volodin E. M., Bogoslovskii N. N., Vilfand R. M., Kiktev D. B., Krasjuk T. V., Kostykin S. V., Mizyak V. G., Fadeev R. Yu., Shashkin V. V., Shlyayeva A. V., Ezau I. N., Yurova A. Yu. Development of the multiscale version of the SL-AV global atmosphere model. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 6, pp. 374-382. DOI: 10.3103/S1068373915060035.

10. Khan V.M. Activity of the North-Eurasian Climate Center (NEACC) and the North Eurasian Climate Outlook Forum (NEACOF) aimed at climate services improvement within the international structure of WMO. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia], 2015, vol. 358, pp. 5-12. [in Russ.].

11. Khan V.M. The concept of WMO Regional Climate Outlook Forum and the contribution of North Eurasia Climate Outlook Forum to its implementation. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia], 2017, vol. 366, pp. 5-13. [in Russ.].

12. Khan V.M., Kulikova I.A., Tishchenko V.A., Kruglova E.N., Tsepelev V.Yu. Consensus meteorological seasonal forecasting within NEACOF activity: a case study for winter 2017/2018. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2018, vol. 370, pp. 88-104. [in Russ.].

13. Khan V.M. The results of the Nineteenth Session of the North Eurasian Climate Forum (NEACOF-19), November 17-18, 2020. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2020, vol. 378, no. 4, pp. 139-145. [in Russ.].

14. Tsepelev V.Yu., Khan V.M. Probabilistic representation of long-range weather forecasts worked out using the synoptic methods. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 4, pp. 231-241. DOI: 10.3103/S1068373915040020.

15. Use of Climate Prediction to Manage Risks. WMO-No.1174, 2016, 39 p.

*Поступила 20.05.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021;
принята в печать 21.06.2021.*

*Submitted 20.05.2021; approved after reviewing 25.05.2021;
accepted for publication 21.06.2021.*