

УДК 551.5

СОСТАВЛЕНИЕ КОНСЕНСУСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ НА СЕЗОН В РАМКАХ СЕАКОФ НА ПРИМЕРЕ ЗИМЫ 2017/2018 гг.

*В.М. Хан¹, И.А. Куликова¹, В.А. Тищенко¹,
Е.Н. Круглова¹, В.Ю. Цепелев²*

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

*² Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, г. Санкт-Петербург, Россия
khan@mecom.ru*

Рассмотрены этапы формирования консенсусного прогноза (КП), составленного в ходе 13-й сессии Северо-Евразийского климатического форума по сезонным прогнозам (СЕАКОФ). Оценивается состояние атмосферных мод климатической изменчивости в прогностический период, инерционные факторы подстилающей поверхности, долгопериодная изменчивость температуры воздуха и осадков над территорией Северной Евразии. Обсуждается оправдываемость консенсусного прогноза на основании сопоставления фактических и прогностических данных. Впервые приводятся не только качественные, но и количественные оценки верификации КП. Планируется, что в дальнейшем по подобной схеме прогнозы СЕАКОФ будут оцениваться для всей территории Северной Евразии и отдельно по регионам СНГ. Ожидается, что проведенный анализ с последующими выводами внесет полезный вклад в развитие методики составления и верификации комплексных сезонных прогнозов.

Ключевые слова: консенсусные прогнозы, индексы крупномасштабной циркуляции, долгопериодные тенденции, успешность прогноза, СЕАКОФ, СЕАКЦ, объективные методы комплексации

CONSENSUS METEOROLOGICAL SEASONAL FORECASTING WITHIN NEACOF ACTIVITY: A CASE STUDY FOR WINTER 2017/2018

*V.M. Khan¹, I.A. Kulikova¹, V.A. Tishchenko¹,
E.N. Kruglova¹, V.Yu. Tsepelev²*

¹ Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia

*² North-Western Department for Hydrometeorology and Environmental
Monitoring, St. Petersburg, Russia
khan@mecom.ru*

The stages of development of the consensus forecast (CF) issued during the 13th session of the North Eurasian Climate Outlook Forum (NEACOF) are discussed. The state of atmospheric climate variability during the forecast period, the inertial factors of surface parameters, the long-term variability of air temperature and precipitation over Northern Eurasia are analyzed. The verification of the consensus forecast based on

the comparison of actual and prognostic data is discussed. For the first time, along with qualitative estimates of CF verification, the quantitative ones are provided. It is planned that a similar scheme will regularly be used to assess the NEACOF forecasts for the whole territory of Northern Eurasia and for the separate CIS regions. It is expected that the analysis and subsequent conclusions will make a useful contribution to the development of the methodology for issuance and verification of complex seasonal forecasts.

Keywords: consensus forecasts, large-scale circulation indices, long-term trends, forecast skill score, NEACOF, NEACC, objective methods of complexation

Введение

Начиная с мая 2011 года в рамках программной деятельности Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) Северо-Евразийский климатический центр (СЕАКЦ) [9] в ходе сессий СЕАКОФ [10] выпускает на регулярной основе перед началом летнего и зимнего сезонов консенсусные прогнозы (КП) приземной температуры воздуха и осадков по территории Северной Евразии. Прогноз на предстоящий сезон составляется на основании экспертной оценки прогнозов национальных гидрометеорологических служб (НГМС), региональных климатических центров ВМО, Глобальных центров производителей по долгосрочным прогнозам (ГЦП-ДП) и других организаций по исследованию и прогнозированию климата.

Как показала мировая практика, консенсусные прогнозы востребованы и имеют практическую пользу при разработке мер адаптации к условиям климатической изменчивости [12]. Некоторые особенности разработки КП на территории Африканского региона с использованием динамических прогнозов Мет Офиса обсуждались в [15]. В [13, 14] гидродинамические прогнозы осадков и КП, составленные по территории Бразилии в ходе регионального климатического форума (РКОФ) по югу Латинской Америки, сопоставлялись с использованием критерия надежности и индекса дискриминации. Было показано, что оба типа прогнозов взаимно дополняют друг друга. КП в летний период имеют более высокую оправдываемость по индексу дискриминации, а гидродинамические методы демонстрируют устойчивую результативность в зимний сезон. Анализ критерия надежности указал на наличие систематической ошибки как в консенсусе, так и в физически обоснованных прогнозах.

Несмотря на значительный накопленный опыт СЕАКЦ в составлении сезонных прогнозов СЕАКОФ, анализу успешности прогностической продукции было уделено недостаточно внимания. В данной работе подробно рассмотрены этапы разработки и анализ консенсусного прогноза, выпущенного в ходе 13-й сессии СЕАКОФ (14–16 ноября 2017 г.). В дальнейшем планируется выполнять по подобной схеме критический разбор продукции СЕАКОФ по всей территории Северной Евразии и отдельно по регионам Содружества Независимых Государств (СНГ). Ожидается, что подробный анализ элементов технологии и качества конечной

продукции с последующими выводами поможет усовершенствовать методику комплексирования прогнозов.

Процесс составления консенсусного прогноза

Процесс подготовки консенсусного прогноза включает в себя несколько этапов (схема на рис. 1).

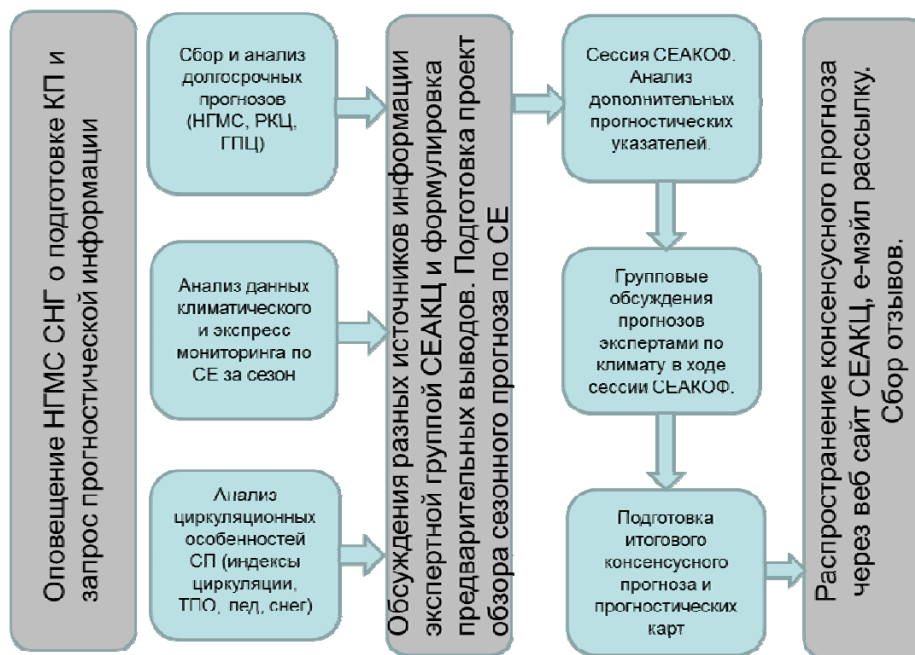


Рис. 1. Схема этапов формирования консенсусного прогноза.

Fig. 1. Diagram of the stages of a consensus forecast process.

За 2–3 недели до начала форума инициативная группа СЕАКЦ оповещает национальные гидрометеорологические службы стран-участников СНГ (НГМС СНГ) о подготовке КП на предстоящий сезон и запрашивает региональные прогнозы из НГМС СНГ. Одновременно происходит сбор данных из ведущих прогностических центров в картированном виде и в формате цифровых данных. Как правило, источниками информации являются:

- Ведущий центр по мультимодельным долгосрочным прогнозам ВМО (WMO LC LRF-MME);
- Климатический центр стран Азиатско-Тихоокеанского экономического союза (Asia-Pacific Economic Cooperation Climate Center – APCC, Корея);

- Европейская мультимодельная система сезонного прогнозирования EUROSIP (ECMWF, Met Office, Météo-France);
- Северо-Евразийский климатический центр;
- Токийский климатический центр (ТСС, Япония);
- Международный исследовательский институт по изучению климата и общества (IRI, США).

Анализируются как гидродинамические ансамблевые, так и подготовленные эмпирическими методами прогнозы. В частности, одной из составляющих КП является вероятностный прогноз температуры воздуха и осадков в СНГ на вегетационный / отопительный периоды, выпускаемый в Гидрометцентре России на основе климатических данных и прогностических разработок Гидрометцентра России, Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, Арктического и антарктического научно-исследовательского института, Дальневосточного регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института.

По аналогии с вероятностной интерпретацией ансамблевых гидродинамических прогнозов используется методика применения вероятностного подхода к синоптическим прогнозам, например [11]. Идеология объединения синоптических и гидродинамических прогнозов при разработке КП применяется во многих региональных климатических центрах. Как показали результаты сопоставления оценок успешности индивидуальных и объединенных прогнозов для температуры воздуха по европейскому региону [3], комплексирование разнородных методов позволяет объединить их сильные стороны и повысить качество конечного прогноза. При этом отмечено, что успешность прогнозов в высокой степени зависит от инерционности макроциркуляционных процессов.

В ходе подготовки КП особое внимание уделяется сбору и анализу данных о состоянии текущих крупномасштабных (глобальных и региональных) климатических аномалий. Учитывается информация о состоянии приземного климата (температура воздуха и атмосферные осадки) за сезон и наиболее значительные климатические аномалии интересующего сезона на территории ответственности СЕАКЦ. Оценки климатического мониторинга рассчитываются совместно Институтом глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля (ИГКЭ) и Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ВНИИГМИ-МЦД) на основе анализа гидрометеорологических наблюдений на станциях государственных наблюдательных сетей стран СНГ. Оценки линейных трендов за последние десятилетия, характеризующие современные изменения климата на территории СНГ, дают представление о возможном влиянии долгопериодной изменчивости на общую изменчивость ожидаемых аномалий.

Следующий этап составления прогноза связан с общим физико-синоптическим анализом ожидаемых условий на предстоящий период. Рассматриваются вероятности фаз развития крупномасштабных явлений,

влияющих на состояние атмосферы. Важная роль в оценках предсказуемости на месячных и сезонных интервалах времени отводится учету инерционных факторов окружающей среды: распределению температуры поверхности океана в акваториях Северного полушария, состоянию морского льда в Арктике и снежного покрова в Северной Евразии и др. Для обеспечения возможности прогноза крупномасштабных особенностей атмосферной циркуляции на сезонных интервалах времени в практике СЕАКОФ [4, 5] используются климатические индексы.

На основе комплексного анализа данных мониторинга и различных прогнозов инициативная группа СЕАКЦ формулирует предварительные выводы об оценках климатических условий на предстоящий сезон по Северной Евразии и готовит проект бюллетеня. Далее в ходе групповых обсуждений с экспертами по климату в ходе работы сессии СЕАКОФ обсуждаются возможные дополнительные прогностические указатели и предварительный консенсусный прогноз. После проведения обзора климатических условий и обсуждения их вероятного влияния на формирование последующих аномалий и интерпретации прогностической продукции формулируется окончательный прогноз в текстовом и графическом представлениях. Сразу же после окончания форума КП распространяется через веб-сайт СЕАКЦ и электронную рассылку. Далее следует сбор отзывов – часть завершающего этапа.

Формулировка консенсусного прогноза климатических условий на зиму 2017/2018 гг.

По результатам анализа результатов гидродинамического моделирования мировых центров прогнозирования погоды, в зимний период 2017/2018 гг. положительные аномалии температуры поверхности океана (ТПО) прогнозировались на западе экваториального пояса Тихого океана, отрицательные – в центре и на востоке. Вероятности наступления событий La Nina, нейтральной фазы и El Nino (район Nino3.4, для нейтральной фазы пороговые значения: $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) в зимнем сезоне согласно прогнозам IRI/CPC распределялись по градациям: 67 %, 33 % и 0 %. Значительные отрицательные аномалии ТПО ожидалось на северо-востоке (севернее 30° с. ш.) акватории Тихого океана, что послужило предвестником к возможному усилению Тихоокеанского антициклона и смещению относительно своего климатического положения на северо-запад. В акваториях Северной Атлантики распределение прогностических аномалий ТПО соответствовало развитию положительной фазы Североатлантического колебания (NAO). Значительные положительные аномалии ТПО прогнозировались в районе Норвежского и Баренцева морей. С учетом высокой стабильности положительных аномалий, на северо-востоке Атлантики процесс таяния морского льда прогрессировал. По данным из Национального центра данных по снегу и льду США со спутниковых систем пассивного микроволнового зондирования, площадь полярного морского льда

к концу осени 2017 г. составила 9,5 млн. км². Это 5-е место в рейтинге минимальных значений по оценкам морского льда в Арктическом регионе начиная с 1979 года.

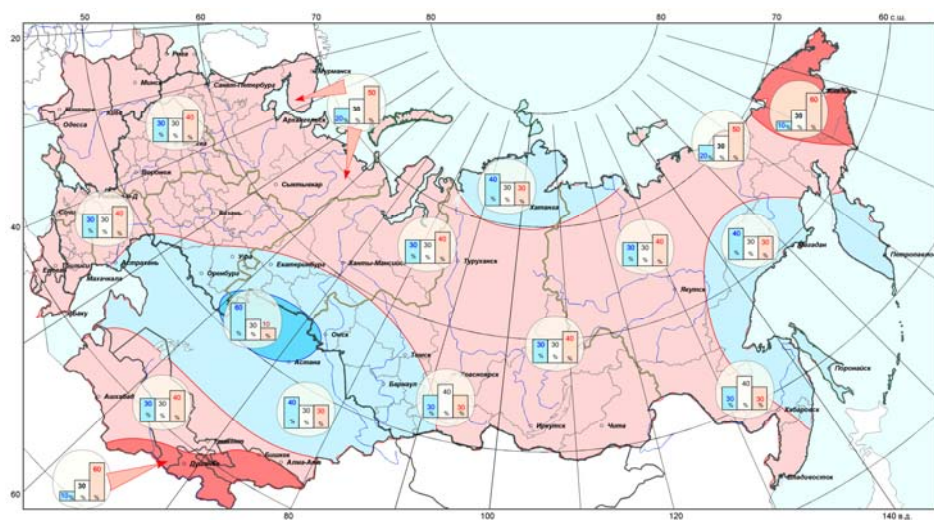
По прогнозам Гидрометцентра России [4, 7, 8] зимой 2017/2018 гг. фаза индекса Североатлантического колебания ожидалась положительная, а фаза индекса Евразийского колебания (EU) – отрицательная. Температурный режим для большей территории Северной Евразии по оценкам динамических моделей для зимнего сезона 2017/2018 гг. прогнозировался теплее обычного (рис. 2а). При этом Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды предполагал формирование отрицательных аномалий в Сибири. Токийский климатический центр прогнозировал отрицательные аномалии на севере Сибири, Гидрометцентр России на основе прогнозов по моделям ПЛАВ [8] и ГГО [6] – отрицательные аномалии на юге Сибири. С прогнозом осадков картина менее однозначная (рис. 3а), между источниками много противоречий и неопределенностей. Тем не менее большинство гидродинамических моделей из ведущих центров прогнозировали избыточное увлажнение на севере Северной Евразии и повышенную вероятность дефицита осадков на юге.

Консенсусный прогноз формулировался в традиционных категориях, свойственных долгосрочному прогнозу: «ниже нормы», «норма», «выше нормы». Каждой категории предписаны, по согласованию экспертов, свои значения вероятностей. Области равновероятных градаций, означающих высокую степень неопределенности прогноза, окрашены на картах белым цветом.

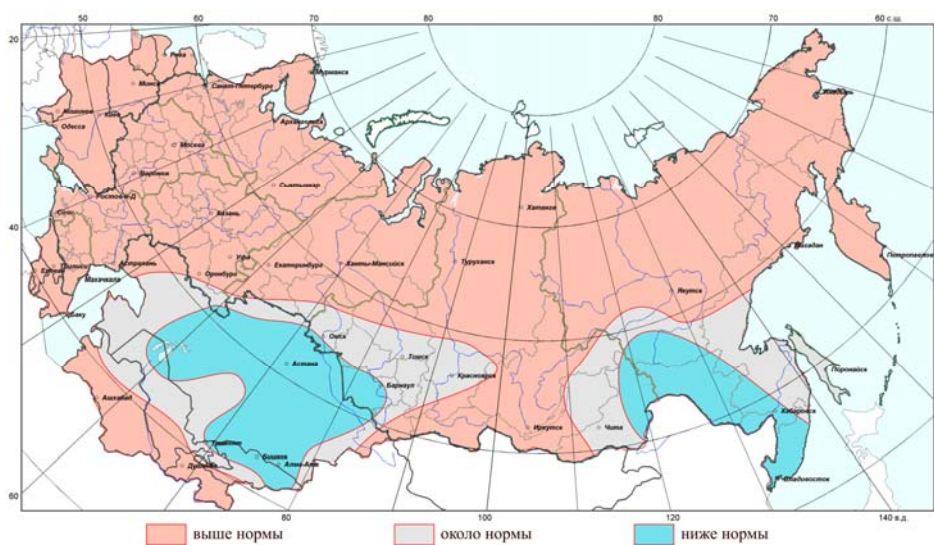
По аналогии с прогностическими полями, фактические сезонные значения как для температуры, так и для осадков (рис. 2б, 3б) также были представлены в равновероятных градациях «выше нормы», «норма», «ниже нормы». Фактические сезонные градации температуры и осадков рассчитывались на основе данных ежедневных срочных наблюдений, получаемых в коде SYNOP в Гидрометцентре России.

Наблюдаемые долгопериодные тенденции температуры воздуха и осадков в зимний сезон над территорией Северной Евразии

Оценки современных изменений климата на территории СНГ дают представление о вкладе долгопериодной изменчивости в общую дисперсию климатических аномалий. Климатические тенденции температуры воздуха и осадков по территории зоны ответственности СЕАКЦ регулярно рассчитываются и анализируются специалистами ИГКЭ и сотрудниками ВНИИГМИ-МЦД с использованием данных наблюдательной сети СНГ и публикуются в форме климатического бюллетеня на сайте СЕАКЦ. При расчете относительных аномалий температуры и осадков в качестве базового периода для климатических норм используется период с 1961 по 1990 год. Как отмечено в [2], средние климатические оценки температурного режима за последние десятилетия уже сами по себе несут прогностическую информацию о предстоящих аномалиях.



а)



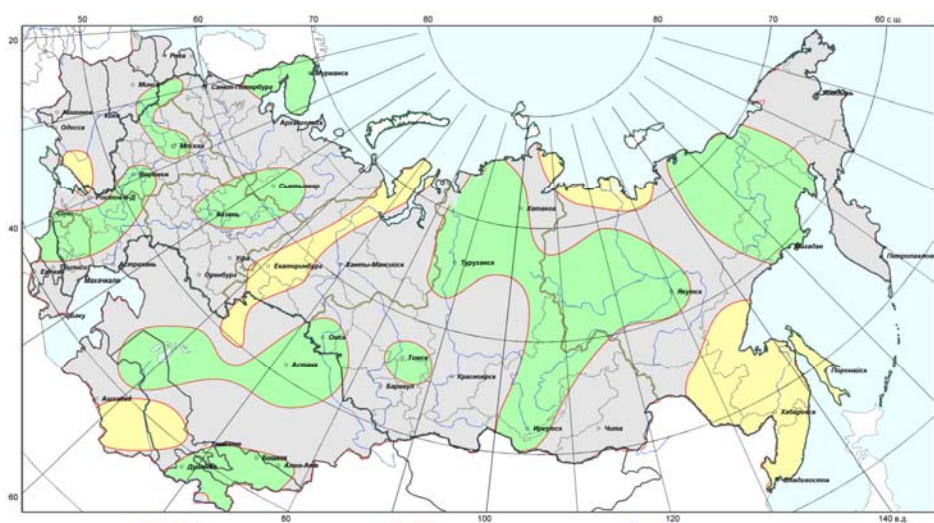
б)

Рис. 2. Распределение градаций «выше нормы», «около нормы», «ниже нормы» для приземной температуры воздуха по прогностическим (а) и фактическим (б) данным. Зима 2017/2018 гг.

Fig. 2. Spatial distribution of gradations “above the norm”, “near the norm”, “below the norm” for the surface air temperature according to the forecast (a) and observational (b) data. Winter 2017/2018.



а)



б)

Рис. 3. Распределение градаций «выше нормы», «около нормы», «ниже нормы» для осадков по прогностическим (а) и фактическим (б) данным. Зима 2017/2018 гг.

Fig. 3. Spatial distribution of gradations “above the norm”, “near the norm”, “below the norm” for precipitation according to the forecast (a) and observational (b) data. Winter 2017/2018.

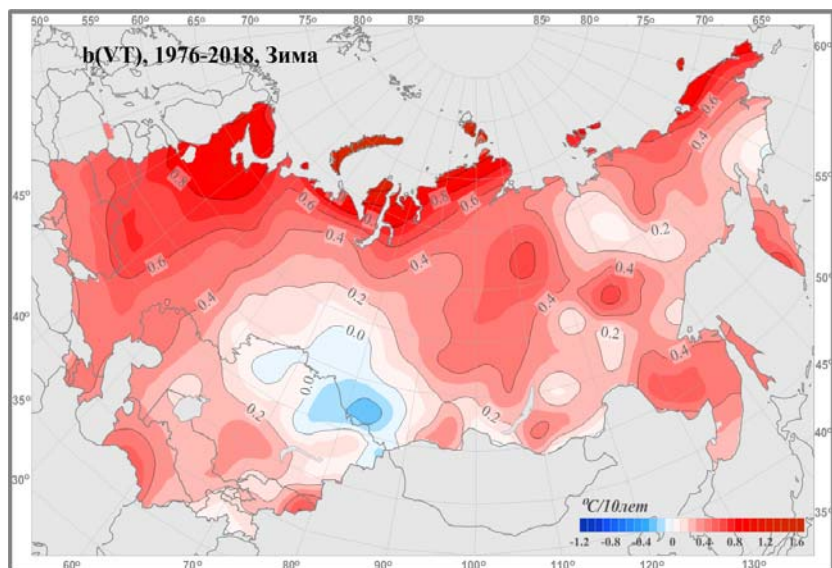
По сведениям, заимствованным из Обзора СЕАКЦ состояния и тенденций изменения климата за зимний сезон по территории СНГ (<http://seakc.meteoinfo.ru/images/seakc/monitoring/seakc-2018i.pdf>), тенденции к потеплению за период 1976–2018 гг. наблюдаются в зимний сезон на большей части территории Северной Евразии, а именно на Европейской части, севере Западной Сибири, Центральной Сибири, в регионах Дальнего Востока, а также на территории Средней Азии (рис. 4а). Для Арктической зоны Российской Федерации характерна наибольшая скорость потепления, особенно на северо-западе Европейской территории России и севере Чукотского Автономного Округа, на севере Ямала и Таймыра (в отдельных регионах коэффициенты трендов достигают значений 1,2 °C/10 лет).

Тенденция к похолоданию отмечена лишь на юго-востоке Западной Сибири и в прилегающих областях Казахстана. При этом скорость похолодания выражена не так ярко, как в случае с потеплением. Скорость похолодания не превосходит -0,35 °C/10 лет. Если взять в рассмотрение территории стран СНГ по отдельности, то все тренды температуры, осредненной по территории каждого государства, положительны. При этом их вклад в общую изменчивость составляет не более 10 %. Наибольший тренд отмечен для территории Беларуси и составляет +0,59 °C/10 лет.

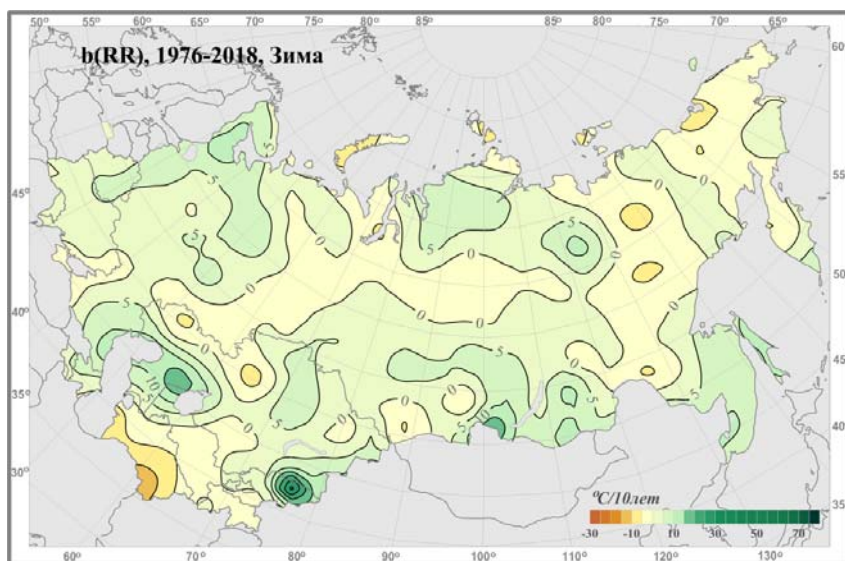
На рис. 4 приведены пространственные распределения коэффициентов линейного тренда зимней температуры и количества осадков за период с 1976 по 2018 год.

При оценке тенденций осадков в рассмотрение были взяты относительные аномалии осадков, представленных в процентах от зимней нормы за 1961–1990 гг. Как видно из рисунков, поле пространственных распределений коэффициентов линейного тренда осадков менее однородно в сравнении с полем температуры воздуха. По результатам расчетов ИГКЭ и ВНИИГМИ-МЦД, рост осадков наблюдается на севере европейской части СНГ (в Карелии он наиболее выражен, более 10 % нормы за 10 лет), на севере Западной и в центре Средней Сибири, в отдельных областях юга и востока Сибири. В районе Байкала рост осадков наиболее заметен, достигает 15 % нормы за 10 лет.

Положительный тренд увеличения осадков отмечается в ряде регионов Центральной Азии. Наряду с этим, в Туркменистане и в отдельных областях Дальнего Востока России характерно убывание осадков. В целом, на территориях всех государствах СНГ, кроме Туркменистана и Узбекистана, отмечается рост осадков зимнего сезона. Положительный тренд зимних осадков наиболее заметен на фоне долгопериодной климатической изменчивости по территориям России и Республики Беларусь. Вклад долгопериодной тенденции в общую дисперсию составляет приблизительно 9–13 %. В Туркменистане убывание осадков происходит со средней скоростью -8 % нормы за 10 лет.



а)



б)

Рис. 4. Пространственные распределения коэффициентов линейного тренда за период с 1976 по 2018 г. для зимней температуры (а) и количества осадков (б) (из Обзора СЕАКЦ состояния и тенденций изменения климата за зимний сезон по территории СНГ).

Fig. 4. Spatial distributions of linear trend coefficients for the period from 1976 to 2018 for winter air temperature (a) and precipitation (b) (source: NEACC Overview the state and tendencies of climate change for the winter season across the CIS).

При сопоставлении карт фактических аномалий температуры воздуха и осадков (рис. 2б, 3б) и их долгопериодных тенденций (рис. 4) можно отметить заметное сходство структуры пространственного распределения очагов положительных/отрицательных аномалий и центров их тенденций.

Из общей картины согласованности знаков тенденций и аномалий заметным образом выбивается лишь юг Дальнего Востока. Выявленное сходство полей указывает на необходимость учета долгопериодной изменчивости как дополнительного прогностического фактора при составлении прогноза на сезон.

Особенности атмосферной циркуляции зимнего сезона 2017–2018 гг. над территорией Северной Евразии

Как показано в ряде предыдущих работ, например в [1, 5], в зимний период в умеренных широтах циркуляционные процессы, связанные с взаимодействием океана и атмосферы, оказывают значительное влияние на изменчивость температурного режима атмосферы во временных масштабах от сезона до десятилетий с поправкой на климатическую изменчивость. Для Северной Евразии наиболее существенными циркуляционными индикаторами являются: Арктическая осцилляция, отражающая интенсивность околополярного циклонического вихря; Североатлантическое колебание, характеризующее усиление западно-восточного переноса в атлантико-европейском секторе; Евразийское колебание, отражающее влияние трех основных центров действия, которые расположены на юге Скандинавии, в Сибири и Японии; Северотихоокеанское колебание и др. Совокупное влияние этих процессов вносит вклад в формирование сезонных погодных условий.

По сведениям Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/circulation-review>), в течение первых двух месяцев зимы 2017/2018 гг. околополярный циклонический вихрь углублялся. Значения геопотенциала в центре циклона были ниже средних многолетних значений. При этом внутри сезона циркумполярный вихрь претерпевал деформации с тенденцией смещения на юг, вследствие чего образовалась обширная область отрицательных аномалий геопотенциала в стратосфере на севере Евразии. Отрицательные значения индекса Арктического колебания (-0,059 в декабре 2017 г., -0,281 в январе 2018 г.), представляющего собой первую моду разложения по эмпирическим ортогональным функциям поля геопотенциала на уровне 1000 гПа по Северному полушарию, являются признаком формирования положительных аномалий поля давления в нижней тропосфере Арктики и отрицательных – в умеренных широтах.

В конце зимы под влиянием стратосферных гребней на севере Тихого океана и атлантических антициклонов циркумполярный вихрь сместился на северо-запад Канады. Обширный стратосферный антициклон сформировался над севером Сибири. Атлантические и Тихоокеанские гребни, а также полярные антициклоны вызвали повышение температуры в полярных районах и ослабили циркумполярный вихрь, что спровоцировало

продолжительное и интенсивное стратосферное потепление. В феврале 2018 г. произошла смена фазы индекса АО на положительную (0,113).

Положение планетарной высотной фронтальной зоны, осредненной за сезон, было близким к климатическому над Северным полушарием с незначительными отклонениями. Акцентируя внимание на Северной Евразии, стоит отметить, что отклонения фронтальной зоны к северу и ее разрывы происходили в основном над севером Европейской территории России (ЕТР) и Уралом, а также над севером Западной Сибири.

Положительные значения индекса NAO (0,73 в декабре 2017 г., 1,17 в январе 2018 г., 1,34 в феврале 2018 г.), определяемого меридиональным градиентом давления в паре Азорский максимум и Исландский минимум, отражали повышенную интенсивность зональной циркуляции в умеренных широтах Европейского сектора в зимний период. Азорский антициклон был более обширным, чем обычно, и гораздо более интенсивным, при этом положение его центра почти соответствовало нормальному. Повышенная активность отмечалась и у Исландского минимума, причем связь была с его углублением и отрицательными аномалиями давления вблизи центра.

По расчетам Гидрометцентра России, меридиональный перенос слабее обычного отмечался в высоких широтах первого естественно-синоптического сектора, в то время как в умеренных широтах второго естественно-синоптического сектора индексы меридиональной циркуляции превышали норму.

В целом за сезон атлантические гребни были интенсивнее обычного. С середины зимы проявляли активность скандинавские антициклоны (значения индекса Scand положительные). Выраженные гребни формировались над Уралом и Западной Сибирью. С середины зимы тихоокеанские гребни распространились в северном направлении, способствуя формированию самостоятельного антициклона над Беринговым морем и Чукоткой. Наблюдаемая отрицательная фаза индекса EU (-1,95 в декабре 2017 г., -1,48 в январе 2018 г., -2,24 в феврале 2018 г.) в целом соответствовала характерному для этой фазы распределению поля геопотенциала. Ложбина H500 сформировалась несколько восточнее своего обычного положения, в районе 60°–70° з. д. Северная периферия Сибирского антициклона была ослаблена. Центр антициклона сместился на запад, захватывая часть территории Европы. Для отрицательной фазы индекса EU характерны положительные аномалии температуры для Северной Евразии и очаги избыточного увлажнения в Сибири.

Климатические особенности зимы 2017/2018 гг., определяемые по прогностическим и фактическим данным

Преобладание западной и южной адвекции теплого воздуха способствовало формированию положительных аномалий температуры зимой 2017/2018 гг. на большей части территории Северной Евразии. На севере

Европейской территории России и Западной Сибири, а также на северо-востоке России, особенно в Арктической зоне, температура воздуха превысила норму. Консенсусный прогноз реалистично воспроизвел преобладание положительных аномалий над большей частью территории Северной Евразии. Регионы повышенной вероятности формирования положительных аномалий на севере ЕТР и Восточной Сибири совпали с интенсивными очагами тепла, наблюдаемыми по фактическим данным. Исключение составил регион Таймыра, в котором прогностическая и фактическая информация противоречили друг другу. В северных и центральных районах Казахстана и соседнем юго-восточном районе Западной Сибири наблюдаемая зимняя температура воздуха была ниже нормы в связи с преобладанием в зимний период усиленной адвекции холодного воздуха. Эту особенность консенсусный прогноз воспроизвел весьма успешно. Температура ниже нормы за сезон наблюдалась в Амурской области, на юге Хабаровского края и в Приморском крае. Отрицательные аномалии температуры сформировались здесь под влиянием северных потоков воздуха, перемещающихся по восточной периферии Сибирского антициклона. На прогностической карте очаг холода в восточной части Северной Евразии оказался несколько сдвинут на север в сторону Магаданской области и Камчатки, при этом по Хабаровскому краю прогностические данные совпали с фактическими.

В поле осадков зимнего сезона на территории России наблюдалась пестрая картина, характеризующаяся чередованием областей избытка и дефицита осадков (рис. 3б). В большинстве регионов Европейской части СНГ осадки превышали норму. Избыток осадков КП верно воспроизвел лишь на севере ЕТР, над остальной территорией ЕТР прогнозировался дефицит осадков с вероятностью 40 %. Из рис 3б видно, что количество осадков превысило норму над большей частью территории Сибири. Это связано с увеличением числа атлантических циклонов, дошедших до северных районов Сибири, в связи с ослаблением северной периферии Сибирского антициклона, а также с тихоокеанскими циклонами, вынужденными смещаться на север во второй половине зимы из-за блокирующей ситуации на северо-западе Тихого океана. В КП верно указана обширная область положительных аномалий осадков над Сибирью. Обострение полярных фронтов и смещение южных циклонов по восточной периферии Сибирского антициклона стало причиной избытка осадков в южных регионах Сибири. Активность циклонической деятельности вызвала избыток осадков и в Средней Азии. Оказались значительно превышены нормы на большей части территории Узбекистана, в Туркменистане, Таджикистане, Киргизии, Центральном Казахстане. КП не отразил эту особенность. Верно был предсказан также очаг дефицита осадков на юге Туркменистана, на востоке Узбекистана и западе Таджикистана. На северо-востоке Северной Евразии осадки значительно превысили норму в связи с повышенной циклонической активностью в восточной и северной частях

обширного Алеутского минимума, заблокированного с юга-запада субтропическим антициклоном. Между областями избытка осадков прослеживались области их дефицита, например на юге Дальнего Востока. КП реалистично воспроизвел и эту особенность.

Наряду с качественным анализом успешности КП впервые были представлены и количественные оценки оправдываемости прогноза. Для этой цели выполнялась оцифровка КП в одноградусную сетку по широте и долготе. Фактические поля градаций температуры воздуха и осадков также были представлены в одноградусной сетке данных. Если фактические и прогностические значения попадали в одну и ту же градацию в одном и том же узле сетки данных, то успешность прогноза оценивалась как 100 %. Если фактические и прогностические значения попадали в соседнюю градацию, то прогнозу присваивалась оценка 50 %. В случае, если прогностическая и фактическая градации были обратны друг другу, то прогнозу присваивалась оценка 0 %. Общая оценка прогноза представляла собой среднюю успешность по всем точкам сетки.

По данной методике оценивания успешность КП для температуры воздуха составила 73 %, для осадков – 64 %.

Заключение

В работе проведен анализ консенсусного прогноза, составленного в ходе 13-й сессии СЕАКОФ. Для выявления вклада источников предсказуемости в сложившихся климатических условиях оценивалось состояние атмосферных мод климатической изменчивости в прогностический период, инерционные факторы подстилающей поверхности, долгопериодная изменчивость температуры воздуха и осадков над территорией Северной Евразии. При сопоставлении фактических и прогностических данных качественные и количественные оценки успешности консенсусного прогноза продемонстрировали его удовлетворительную успешность. Как и предвиделось, качество прогнозов температуры воздуха оказалось выше, чем осадков.

Ожидается, что проведенный анализ конкретного консенсусного прогноза внесет полезный вклад в развитие подходов к составлению и верификации комплексных прогнозов. По предложенной схеме прогнозы СЕАКОФ будут регулярно разбираться и оцениваться для всей территории Северной Евразии и отдельно по регионам СНГ. Для получения более надежных статистических выводов об успешности консенсусных прогнозов планируется использовать максимально доступную выборку прогнозов. Для этого необходимо оцифровать консенсусные прогнозы с начала их выпуска, т. е. с 2011 года.

Другой важной задачей на пути развития сезонного прогнозирования в ходе сессий СЕАКОФ является разработка объективных методов комплексации прогнозов.

На Исполнительном совете ВМО ИС-69 (май 2017 г.) было принято решение 4,5/2 о расширении применения объективных методов в отношении субсезонного и сезонного прогнозирования. По причине того, что учет динамических прогнозов в ходе разработки сезонных консенсусных прогнозов на РКОФ в основном носит субъективный характер и зависит от экспертной оценки в процессе комплексирования разнородных прогнозов, в том числе составляемых национальными метеослужбами, то существует ряд ограничений для последующего использования консенсусных прогнозов. Тем не менее необходимо подчеркнуть, что экспертная оценка по-прежнему необходима для анализа текущих климатических условий, оценки дальних статистических связей, а также для обоснования преимуществ и ограничений используемых моделей. ИС-69 постановил рассмотреть вопрос о принятии в качестве основной стратегии переход к объективным методам разработки субсезонных и сезонных прогнозов на региональном и национальном уровнях через механизмы РКОФ. Дальнейший прогресс в области оперативного сезонного прогнозирования и технологий выпуска специализированных продуктов повлечет за собой более широкое применение объективных схем сезонного прогнозирования с целью использования прогнозов для широкого круга задач пользователей и эффективного принятия решений.

Работа по анализу крупномасштабных мод атмосферной изменчивости получила частичную финансовую поддержку Российского научного фонда (грант № 14-37-0053п) в Гидрометцентре России.

Методика оценки консенсусных прогнозов разработана при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №17-05-01227).

Список литературы

1. Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф. Особенности наблюдаемых изменений климата на территории Северной Евразии по данным регулярного мониторинга и возможные их факторы // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 13-35.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Динамические климатические нормы температуры воздуха // Метеорология и гидрология. 2012. № 12. С. 5-18.
3. Вильфанд Р.М., В.Ф. Мартазинова, В.Ю. Цепелев, В.М. Хан, Н.П. Мироничева, Г.В. Елисеев, Е.К. Иванова, В.А. Тищенко, Д.Н. Уткузова. Опыт комплексирования синоптико-статистических и гидродинамических прогностических систем // Метеорология и гидрология. 2017. № 8. С. 5-17.
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. Куликова И.А., Круглова Е.Н., Киктев Д.Б. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть 2. Их влияние на пространственное распределение температуры и осадков на территории Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 5-16.
6. 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.

7. 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
8. Толстых М.А., Киктев Д.Б., Зарипов Р.Б., Зайченко М.Ю., Шашкин В.В. Воспроизведение атмосферной циркуляции на сезонных масштабах новой версией полулагранжевой модели атмосферы // Известия РАН. ФАО. 2010. Т. 46, № 2. С. 149-160.
9. 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.
10. 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.
11. Ценелев В.Ю., Хан В.М. Вероятностное представление долгосрочных метеорологических прогнозов, разработанных синоптическими методами // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 17-31.
12. Adrian E., Oludhe C., Ganranganga B.J. et al. Regional Climate Information for Risk Management // Procedia Environmental Sciences. 2010. Vol. 1. P. 369-383. Doi:10.1016/j.proenv.2010.09.024.
13. Coelho C.A.S., Firpo M.A.F., Maia A.H.N., MacLachlan C. Exploring the feasibility of empirical, dynamical and combined probabilistic rainy season onset forecasts for São Paulo, Brazil // Int. J. Clim. 2017. Vol. 37, S1. P. 398-411.
14. Coelho C.A.S. Comparative skill assessment of consensus and physically based tercile probability seasonal precipitation forecasts for Brazil // Meteorological Applications. 2013. Vol. 20. P. 236-245.
15. Graham R., Colman A., Vellinga M., Wallace E. Use of dynamical seasonal forecasts in the consensus outlooks of African Regional Climate Outlook Forums (RCOFs) // Proceedings of ECMWF Seminar on Seasonal Prediction, 3-7 September 2012. P. 237-256.

References

1. Bardin M.Yu., Platova T.V., Samokhina O.F. Climate change characteristic features on the territory of Northern Eurasia based on the routine climate monitoring and possible factors. *Trudy Gidrometsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2015, vol. 358, pp. 19-35. [in Russ.].
2. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. Dynamic normals of surface air temperature. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2012, vol. 37, no. 11-12, pp. 717-727. DOI: 10.3103/S1068373912110052
3. Vil'fand R.M., Martazinova V.F., Tsepelev V.Yu., Khan V.M., Mironicheva N.P., Eliseev G.V., Ivanova E.K., Tishchenko V.A., Utkuzova D.N. Integration of synoptic and hydrodynamic monthly air temperature forecasts. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2017, vol. 42, no. 8, pp. 458-493. DOI: 10.3103/S1068373917080015.
4. Kiktev D.B., Khan V.M., Kryzhov V.N., Zariyov R.B., Kруглова E.N., Kulikova I.A., Tishchenko V.A. Technology of issue of long-range forecasts in the North-Eurasian Climate Centre (NEACC). *Trudy Gidrometsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2015, vol. 358, pp. 36-58. [in Russ.].
5. Kulikova I.A., Kруглова E.N., Kiktev D.B. Large-scale modes of atmospheric variability. Part II. The impact on the spatial distribution of temperature and precipitation on the territory of Northern Eurasia. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 4, pp. 223-230. DOI: 10.3103/S1068373915040019.
6. Mirvis V. M., Meleshko V. P. Current Status and further development of monthly and seasonal weather prediction. *Trudy GGO [Proceedings of Voeikov Geophysical Observatory]*, 2008, vol. 558, pp. 3-40. [in Russ.].
7. Tishchenko V.A., Khan V.M., Tolstykh M.A., Kруглова E.N., Kulikova I.A., Gelfan 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.].

8. Tolstykh M. A., Kiktev D. B., Zaripov R. B., Zaichenko M. Yu., Shashkin V. V. Simulation of the Seasonal Atmospheric Circulation with the New Version of the Semi-Lagrangian Atmospheric Model. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2010, vol. 46, no. 2, pp. 133-143. DOI: 10.1134/S0001433810020015.

9. 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.].

10. 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.].

11. 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.

12. Adrian E., Oludhe C., Ganranganga B.J. et al. Regional Climate Information for Risk Management // *Procedia Environmental Sciences*. 2010. Vol. 1. P. 369-383. Doi:10.1016/j.proenv.2010.09.024.

13. Coelho C.A.S., Firpo M.A.F., Maia A.H.N., MacLachlan C. Exploring the feasibility of empirical, dynamical and combined probabilistic rainy season onset forecasts for São Paulo, Brazil. *Int. J. Clim.*, 2017, vol. 37, S1, pp. 398-411.

14. Coelho C.A.S. Comparative skill assessment of consensus and physically based tercile probability seasonal precipitation forecasts for Brazil. *Meteorological Applications.*, 2013, vol. 20, pp. 236-245.

15. Graham R., Colman A., Vellinga M., Wallace E. Use of dynamical seasonal forecasts in the consensus outlooks of African Regional Climate Outlook Forums (RCOFs). *Proceedings of ECMWF Seminar on Seasonal Prediction, 3-7 September 2012*, pp. 237-256.

Поступила в редакцию 30.10.2018 г.

Received by the editor 30.10.2018.