УДК 551.509

ОПЫТ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Мирсаева Н. А.
Казанский (Приволжский) федеральный университет
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: NAMirsaeva@kpfu.ru

Рассматриваются физические основы долгопериодных, асинхронных связей между тепловым режимом Северной Атлантики в августе (марте) и условиями термического режима в Республике Татарстан в последующем январе (июле). Обсуждаются вопросы методики и результаты тестирования возможности использования информативных свойств полей аномалий температуры поверхности океана для долгосрочного прогнозирования условий термического режима в республике, давшего положительные результаты. Общая оправдываемость прогнозов термического режима для января с использованием методов «средних эталонов» и непараметрического дискриминантного анализа оказалась одинаковой (F=72 %). Аналогичные прогнозы для июля выявили более высокую эффективность метода «средних эталонов» (F=72 %), и меньшую эффективность метода непараметрического дискриминантного анализа (F=66 %).

Ключевые слова: долгосрочный прогноз; аномалии температуры поверхности океана; термический режим; Республика Татарстан.

EXPERIENCE OF LONG-TERM FORECASTING OF THERMAL CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Mirsaeva N. A.
Kazan Federal University
Kazan, Russian Federation, e-mail: NAMirsaeva@kpfu.ru

The physical basis of long-period, asynchronous connections between the thermal regime of the North Atlantic in August (March) and the conditions of the thermal regime in the Republic of Tatarstan in the subsequent January (July) is considered. The questions of the methodology and the results of testing the possibility of using the informative properties of the fields of ocean surface temperature anomalies for long-term forecasting of the conditions of the thermal regime in the republic, which gave positive results, are discussed. The overall validity of the forecasts of the thermal regime for January using the methods of "average standards" and nonparametric discriminant analysis was the same (F=72 %). Similar forecasts for July revealed a higher efficiency of the "average standards" method (F=72 %), and a lower efficiency of the nonparametric discriminant analysis method (F=66 %).

Keywords: long-term forecast; ocean surface temperature anomalies; thermal regime; Republic of Tatarstan.

Долгосрочные метеорологические прогнозы относятся к числу наиболее трудных и наименее успешных видов метеорологического прогнозирования [1, 2].

По мнению [2, 3] перспективы улучшения эффективности долгосрочных метеопрогнозов связаны с решением проблемы предсказуемости атмосферных процессов. Это предполагает, в частности, улучшение качества учета влияния на атмосферу процессов крупномасштабного теплового взаимодействия в макросистеме «подстилающая поверхность - атмосфера» и, в первую очередь, в системе «океан - атмосфера».

Исследованием предусматривалось: *а*) тестирование возможности долгосрочного прогнозирования условий термического режима в январе (июле) для Республики Татарстан (РТ) по полю аномалий температуры поверхности океана (АТПО) в предшествующем августе (марте) (соответственно); *б*) сравнение прогностической эффективности методов «средних эталонов» и непараметрического дискриминантного анализа [4, 5, 6], на основе использования которых строились опытные прогнозы.

В качестве информативной базы исследования использовались: *а*) 62-летний (1955 – 2016 гг.) архив данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» о средних месячных температурах воздуха для 14-ти метеорологических станций РТ; *б*) данные NCEP-реанализа [7] об АТПО в узлах регулярной координатной сетки с шагом по широте и долготе 5 град.

Решение стоявших вопросов, как указывалось выше, базировалось на использовании методов: а) «средних эталонов» и б) непараметрического дискриминантного анализа [4, 5, 6]. Оба метода используются, преимущественно, для решения 2-х-фазных (альтернативных) прогностических задач, когда в них важно предусмотреть не столько строгую числовую оценку предиктанта (аномалии температуры воздуха), сколько возможность непревышения (или превышения) им определенного числового порога.

Субъектом опытного ретроспективного прогнозирования в работе были крупномасштабные аномалии средних месячных температур приземного слоя воздуха (Δt) в январе и июле. В качестве предикторов при этом использовались поля АТПО в предшествующих августе и марте (соответственно).

Наиболее значимым результатом исследования следует считать построенные и адаптированные к условиям решаемой задачи поля средних АТПО (рисунок 1 *а, б, г, д*), являющиеся предшественниками следующих за ними двух альтернативных классов термического режима в республике.

Даже самый простой (визуальный) анализ рисунка 1 *а, б, г, д* позволяет легко убедиться в «генетической значимости» полей АТПО в формировании аномалий термического режима в республике. Как видно (рисунок 1 *а*), признаками «нехолодных» январей являются стационирующие уже с конца лета (август) обширный очаг положительных АТПО в западном секторе Северной Атлантики, сопряженный с ним обширный очаг отрицательных АТПО у берегов Европы и в центральном секторе и не менее обширный очаг положительных АТПО в северо-восточном секторе Северной Атлантики, что неслучайно.

В соответствии с имеющимися представлениями [8, 9, 10] о реакции полей геопотенциала на долгоживущие структурные образования полей АТПО перед «нехолодными» январями в республике уже с конца лета происходит вполне определенное выстраивание важнейших элементов структуры высотных барических полей: доминирование высотных барических гребней в западном и северо-восточном секторах м высотных барических ложбин в центральном секторе Северной Атлантики. Несложно понять, что в передних частях указанных барических ложбин на длительное время устанавливается вынос на континент и на территорию республики относительно теплого воздуха морского происхождения. Такова природа формирования «нехолодных» январей в РТ.

Структура поля АТПО в августе перед «холодными» январями в республике (рисунок 1 *б*) противоположна выше описанной (рисунок 1 *а*), что в конечном итоге объясняет частое проникновение на территорию республики холодного воздуха арктического происхождения в тыловых частях высотных барических ложбин, формирующихся в этих условиях над Восточной Европой.

Как видно (рисунок 1 *г*), предвестниками «нехолодных» июлей в республике являются обширный очаг отрицательных АТПО в западном секторе и сопряженный с ним крупный очаг положительных АТПО в восточном и северо-восточном секторах Северной Атлантики, что и обеспечивает длительное доминирование высотного барического гребня над Европейской частью России и устойчивый вынос на территорию республики вдоль его западной периферии теплых воздушных масс и в их числе воздушных масс тропического происхождения.

Предвестниками «холодных» июлей в республике являются наличие еще ранней весной (март) очага положительных АТПО в центральном секторе и крупного очага отрицательных АТПО в восточном секторе Северной Атлантики (рисунок 1 *д*), стимулирующих частое образование высотной барической ложбины над европейской частью России и проникновение на территорию республики в тылу этой ложбины холодного воздуха из Заполярья.

Следовательно, тепловое состояние Северной Атлантики следует рассматривать как один из важнейших факторов формирования термических условий в республике. Далее произведена попытка оценить прогностическую эффективность использования информативных свойств полей АТПО для прогноза термических условий в республике.

Учет информативных свойств полей АТПО в Северной Атлантике в качестве единственного предсказателя в прогнозах термического режима для РТ является достаточно оправданным.

Из данных следует, что в прогнозах термического режима для января оба сравниваемых метода показали одинаковую эффективность (F=72%). Из этих же данных вытекает, что прогнозы термических условий в республике для июля с использованием метода «средних эталонов» более надежны (F=72%),

чем те же прогнозы на основе метода непараметрического дискриминантного анализа (*F*=66%).

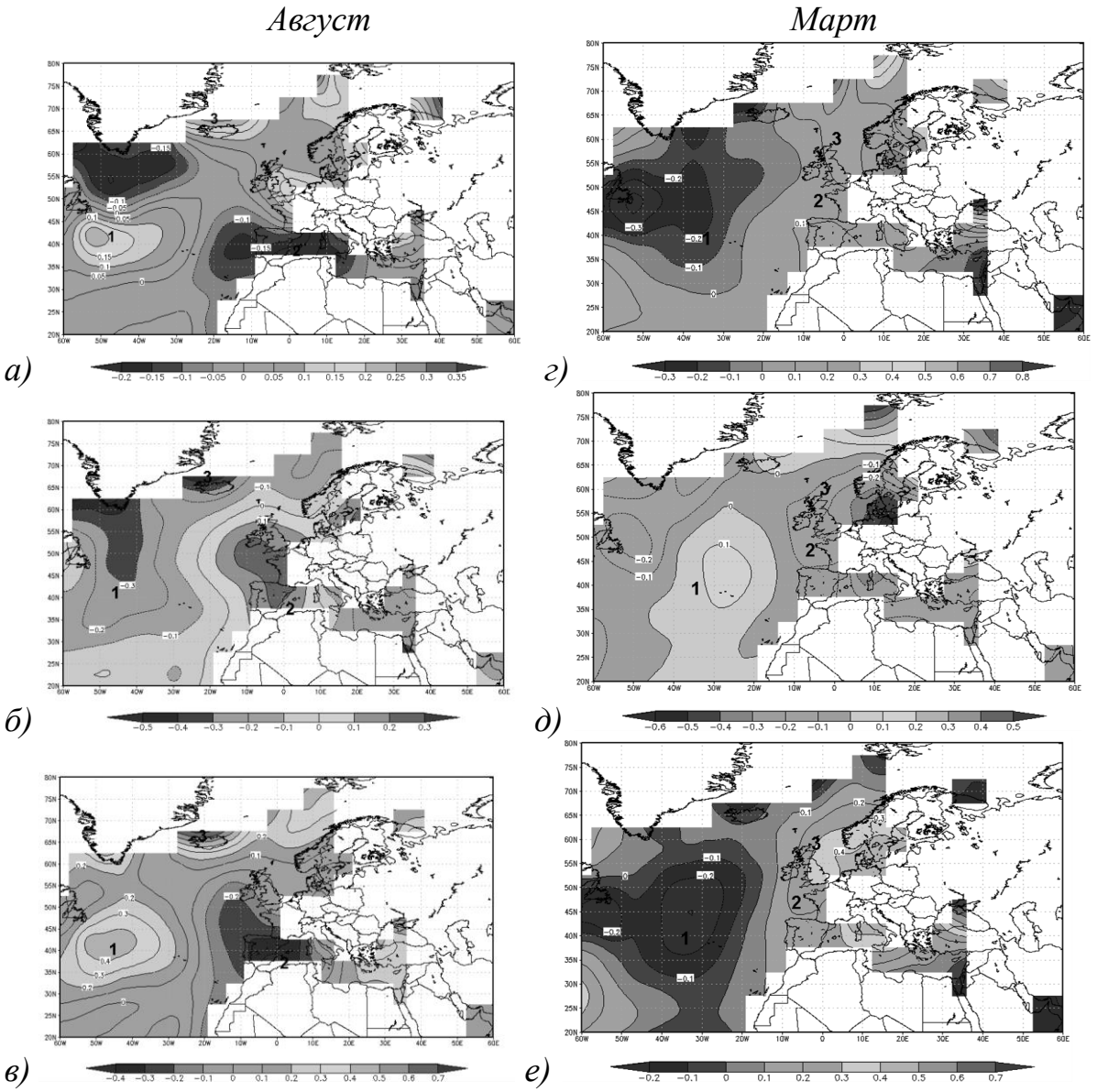

Рисунок 1 – Средние многолетние («эталонные») (1955 – 2016 гг.) поля АТПО °С в августе и марте перед «нехолодными» январями (а), июлями (г), перед «холодными» январями (б), июлями (д) и соответствующие им разности в августе (в) и марте (е)

Основные выводы:

1. Поля АТПО Северной Атлантики являются одним из важнейших источников формирования крупномасштабных аномалий приземного термического режима в Республике Татарстан. Связующим звеном между ними является адаптированный к структурным особенностям полей АТПО режим циркуляции атмосферы.

2. Построены средние многолетние («эталонные») поля АТПО, являющиеся предшественниками «нехолодных» и «холодных» январей (июлей) в республике. Практическое значение указанных полей состоит в том,

что в ряде случаев может оказаться достаточным визуальное сравнение поля АТПО в текущем августе (марте) с «эталонными полями», чтобы с некоторой надежностью и значительной заблаговременностью предусматривать появление в республике «нехолодного», либо «холодного» января (июля).

4. С использованием методов дискриминантного анализа выполнено тестирование возможности использования информативных свойств полей АТПО в августе (марте) для долгосрочного прогнозирования условий термического режима в республике, давшее положительные результаты. Общая оправдываемость прогнозов термического режима для января с использованием методов «средних эталонов» и непараметрического дискриминантного анализа оказалась одинаковой (F=72%). Аналогичные прогнозы для июля выявили более высокую эффективность метода «средних эталонов» (F=72%), и меньшую эффективность метода непараметрического дискриминантного анализа (F=66%).

Библиографические ссылки

1. Садоков, В.П. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5 ˚С, их прогноз оценка / В.П. Садоков, В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова // Тр. гидрометеоролог. НИЦ РФ / Под. ред. д-ра физ.-мат. наук М.А. Толстых. 2012. – Вып. 348. – С. 144–152.
2. Угрюмов, А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Учебное пособие. / А.И. Угрюмов / СПб, Изд-во РГГМУ, 2006. 84 с.
3. Хан, В.М. Пронозы погоды на месяц: состояние и перспективы / В.М. Хан, Р.М. Вильфанд, В.П. Садоков, В.А. Тищенко // 80 лет Гидрометцентра России. – СПб.: 2009. – С. 235 – 246.
4. Важнова, Н.А. Долгосрочный прогноз условий термического режима территории Приволжского федерального округа / Н.А. Важнова, М.А. Верещагин // Изв. РАН. Сер. географ., 2015. – № 3. – С. 85–93.
5. Важнова, Н.А. О многолетней динамике приземного термического режима на территории Приволжского федерального округа (ПФО) во второй половине XX и в начале XXI столетия / Н.А. Важнова, М.А. Верещагин // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле, 2014. – Вып. 1. – С. 112 – 121.
6. Чичасов, Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. / Г.Н. Чичасов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. 304 с.
7. Данные NCEP/NCAR реанализа [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.esrl.noaa.gov/. Дата доступа: 15.05.2021.
8. Апасова, Е.Г. Распределение аномалий температуры воды Северной Атлантики при больших аномалиях температуры воздуха на континентах / Е.Г. Апасова // Труды Гидрометцентра СССР, 1973. Вып. 107. С. 71 – 79.
9. Кац, А.Л. Необычное лето 1972. / А.Л. Кац. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 59 с.
10. Крындин, А.Н. Влияние Северной Атлантики на формирование сезонного поля H_{500} в первом естественно-синоптическом районе / А.Н. Крындин // Тр. Гидрометцентра СССР. 1989. Вып. 43. С. 97 – 104.