

СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ И ВОЗМОЖНОСТИ СЕЗОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В.Е. Трофимов

Одесский гидрометеорологический ин-т e-mail tvvladys@gmail.com

В данной работе оценивается состояние региональной климатической системы на основе анализа комплекса геофизических величин, а также климатических индексов, с целью составления долгосрочных (сезонных). Показаны основные колебания и прогностический потенциал основных индексов, найдены важные связи с региональной температурой воздуха. На первом этапе прогноза определить состояние регионального климата по отношению к низкочастотной изменчивости, а затем рассчитать аномалии требуемых погодных величин с использованием значимых индексов.

Ключевые слова. потепление; опасные явления; температура воздуха; климатические индексы; корреляции; долгосрочный прогноз

MODERN CLIMATE OF EASTERN EUROPE AND POSSIBILITIES OF SEASONAL FORECASTIN

V.E. Timofeev

Odessa Hydrometeorological Institute, e-mail tvvladys@gmail.com

In this work, the state of the regional climate system is assessed by means of on the analysis of a complex of geophysical quantities, as well as climate indices, with a long-term (seasonal) forecasts. The main osculations and predictive potential of the main indices are shown, and important correlaons with regional air temperature are found. At the first stage of the forecast, it determines the state of the regional climate from the point of view of low-frequency variability, and then calculates anomalies of the required variables using significant indices

Keywords. Warming, extreme phenomena, air temperature, climatic indices, correlations, long-term forecast

Введение. Современное состояние климатической системы характеризуется продолжением фазы глобального потепления, на фоне усиления солнечной активности, повышенной активности Эль-Ниньо, изменения атмосферной циркуляции. В то же время, в Арктике, большинстве европейских стран и Украине оно продолжается, с некоторым перераспределением сезонных характеристик, с другой стороны, потепление приостановилось в районе Антарктического п-ова, а также севере Канады и Аляске.

Глобальное потепление в первую очередь проявляется многолетним изменением приземной температуры воздуха (ПТВ) планеты и отдельных

регионов. На протяжении последних ста лет отмечены две фазы повышения ПТВ – в начале 20-го века и с 1980-х гг. (рис. 1D).

Современная тенденция связана с активизацией теплой фазы явления Эль-Ниньо в Тихом океане, аномалии последних лет – с супер-Эль-Ниньо 2016 г., после которого глобальная температура несколько стабилизировалась (IPCC, 2022, Luo и др., 2019).

Региональные характеристики потепления различаются. Повышение температуры воздуха наблюдается во многих районах умеренных широт, включая большинство европейских стран, большинство регионов России, Беларусь, Украину (Доклад, 2017, Климат Украины, 2003). Для каждого региона важна интерпретация местных изменений, включая пространственные и сезонные особенности, и ожидаемые последствия, как учащение опасных явлений, с мерами адаптации к новому климатическому режиму (Савчук, 2018, Стихийні, 2013, Доклад, 2017). Согласно отчетам Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), в 1991-2010 гг., количество природных аномалий относительно предыдущих десятилетий увеличилось в 2,6 раза, что привело к росту экономического ущерба в развитых странах в 7,3 раза (IPCC, 2022).

Климат Украины в целом благоприятен для развития различных отраслей экономики, в частности, земледелия и животноводства, благодаря благоприятному уровню инсоляции, увлажнению (Рыбченко и др., 2022). Но определенные сочетания агроклиматических условий могут обуславливать неблагоприятные явления, прежде всего засушливые явления в летний сезон, наносящие ущерб сельскохозяйственному производству, энергетике, транспорту и другим отраслям экономики (Щербань, 1991).

Результаты. В данной работе характеризуется комплекс геофизических величин, характеризующих как внутреннее, так и внешние климатообразующие факторы. Многолетнее изменение средней годовой ПТВ по данным станции Киев показано на рис. 1А, из которого видно начало современного потепления с 1990-х гг. Киев является репрезентативным пунктом севера Украины и демонстрирует наибольшее повышение ПТВ за последние десятилетия. Особенно значительное потепление отмечено в центральном месяце летнего сезона (июле). В целом отмечена значительная корреляция с ходом глобального потепления, хотя в отдельные сезоны и месяцы проявляется значительная межгодовая изменчивость.

Многолетнее изменение средней годовой ПТВ коррелируется с изменением других величин – уменьшением количества атмосферных осадков и потенциала засушливости, иллюстрируя переход к современному климату с 1990х гг., на фоне продолжительности солнечного Сияния (ПСС), интенсификация солнечной активности, а также изменения скорости вра-

щения земли [Сидоренков. 2017, Дмитриев, 2006]. По данным ст. Киев отмечено изменение знака тренда ПСС. на повышение с середины 1980-х годов, рис. 1А, что подтверждается выводами исследований (Marsz, 2021). Важно, что подобное изменение знака тренда ПСС наблюдается в целом в Центральной и Восточной Европе. Это значит, что для Беларуси следует ожидать подобную тенденцию.

Отчетливая отрицательная тенденция количества осадков наблюдается в течение вегетационного периода, что может привести к увеличению засушливого периода, особенно после малоснежных зим (рис. 1, F). Усиление потенциала засушливости фиксируется с начала 2000-х годов с максимальной повторяемостью в 2010-2020 годах, когда засухи стали фиксироваться в течение нескольких последовательных месяцев или сезонов.

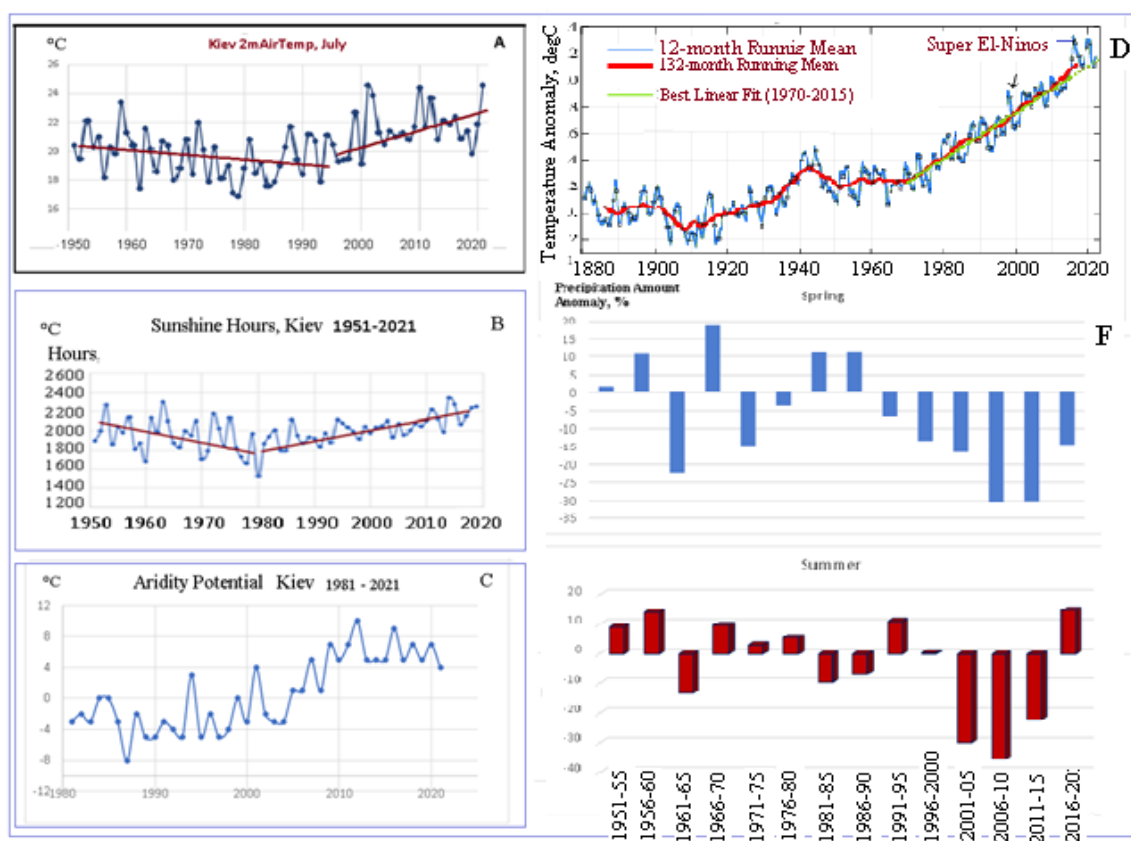


Рис. 1. Многолетнее изменение средней годовой температуры воздуха, годовое (А) и за июль (Б), ОГМС Київ, 1951-2021 гг., аномалии глобальной температуры (от нормы 1880-1950гг. (D) по данным Института космических исследований Годдарда, 1880 – 2021гг., потенциал засушливости 1981-2021 (С), аномалии количества осадков (F).

Учащение регистрации опасных явлений обуславливает степень экстремальности климата, которая усиливается в результате потепления практически во все сезоны года (центр аномалии летней ПТВ над югом Украины, рис. 2Б). Климатическая уязвимость большинства регионов усиливается с запада на восток, и На фоне растущего дефицита атмосферных осадков наиболее уязвимы области востока и юга Украины (Савчук, 2018). Эти области и ранее испытывали повышенную засушливость, но данная опасность распространилась на центральные и северные области, в связи с усилением антициклонов. Это иллюстрируется усилением аномалии геопотенциала АТ-500 гПа, охватившего большую часть Украины, прилегающие области РФ и Беларуси, рис.А1.

В то же время, отметим, что южные области также ощущают Климатическую уязвимость не только из-за усиления засушливости, но и летних конвективных явлений, значительной межгодовой и межсезонной изменчивости экстремальных осадков, а также повышенной частотой опасных зимних явлений изза большей повторяемости южных циклонов.

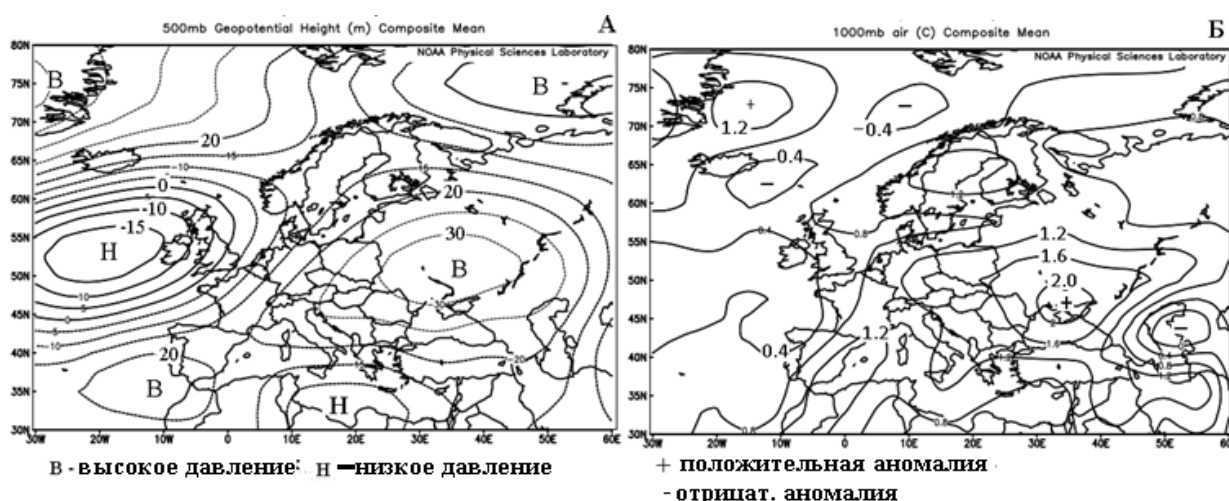


Рис. 2. Аномалия поля геопотенциала АТ-500 гПа (А), Аномалия поля температуры воздуха АТ-1000 гПа(Б), между десятилетиями 2001-2021 и 1971-2000 гг., июль-август. Реанализ NCEP-NCAR.

Методика прогноза. На современном уровне состояние региональной климатической системы оценивается с помощью известных индексов Северо-атлантического колебания (САК, NAO), Восточно-Европейского, Средиземноморского колебания, Североморского-Каспийского НСР. Индексы отражают как зональные, так и меридиональные градиенты давления в тропосфере (Luo, 2019, Hurrell. 1995).

Традиционно, Долговременные изменения в системе Океан-атмосфера оцениваются с помощью индекса десятилетнего тихоокеанского колебания, PDO. Естественные колебания этого индекса показывают 30-летние циклы, причем в рамках циклов сохраняются пространственные связи с региональными метеорологическими величинами, как синхронные и асинхронные. На рис. 3А показана корреляция между средним годовым значением PDO и сезонной аномалией ПТВ Киева, при этом видна смена знака между периодами 1951-85 и 1986-2021 гг., соответствующие смене циклов PDO. Данная смена знака корреляции между ежемесячными аномалиями тех же величин, по периодами 1951-1985 и 1986-2021 гг., подтверждается на рис. 3Б. Значимая корреляция обнаружена для февраля-марта, что можно использовать для составления ДПП.

Аналогичные связи обнаружены между индексом Южного колебания (Southern Oscillation) и ПТВ Киев, со сменой знака значимой негативной корреляции в первой половине 20 века, на незначимую положительную, что отражает изменение в планетарной климатической системе, с переходом к фазе потепления с 1980х гг. Кроме того, в месячном разрезе асинхронные Корреляции с индексом ЮК показывает сохранение значимой связи до +3мес., до $R = 0,70$. Таким образом, эти 2 индекса могут взаимозаменяемы в зависимости от сезона. Наилучшие прогностические связи получены для первой половины года, в связи с формированием и сохранением сигнала Эль-Ниньо.

Далее оценивается состояние региональных индексов. Для Атлантико-Европейского сектора используется индекс Североатлантического колебания для прогноза на зимний сезон, хотя в последние десятилетия найдены признаки для прогноза отдельных явлений летнего сезона. Так, повысилась степень асинхронной связи между САК и региональной аномалией ПТВ. При этом для июня корреляция положительна, а для июнь-августа – отрицательная, что нужно учитывать при составлении прогнозов.

Другой показатель, который может быть использован для характеристики атмосферных условий для засушливых явлений, является Скандинавский индекс блокирования (SCAND). Позитивная фаза этой модели связана с развитием блокирующих антициклонов над Скандинавией и западной Россией, с температурой воздуха ниже нормы и количеством атмосферных осадков выше нормы, и ниже нормы - в Скандинавии. Негативная фаза модели связана с обратными аномалиями величин в этих регионах.

Таким образом, найдены важные в прогностическом плане связи региональной температуры воздуха с изменчивостью главных региональных атмосферных индексов, что дает возможность на первом этапе определить состояние регионального климата по отношению к низкочастотной измен-

чивости, а затем рассчитать аномалии требуемых величин в связи с набором выше перечисленных индексов, с учетом значимости асинхронных связей, с учетом сезонных особенностей. Затем уточнить особенности атмосферной циркуляции. В частности, при исследовании синоптических условия возникновения засушливых явлений установлено, что для Украины характерны две макроситуации, в условиях области высокого давления, образованных отрогами Азорского и/или среднеазиатского максимумов или стационарными антициклонами, со значительным меридиональным преобразованием циркуляций в Атлантико-Европейском секторе.

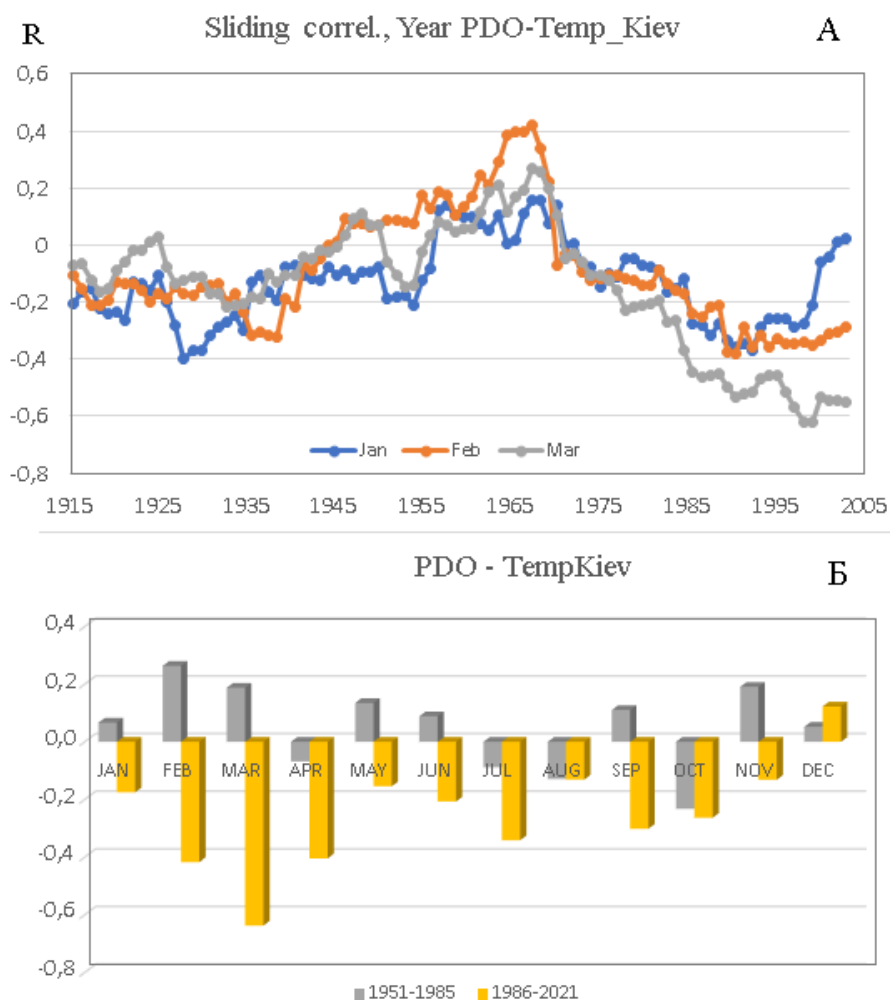


Рис. 3. Коэффициент корреляции (скользящий) между средним годовым значением PDO и аномалией ПТВ Киева, асинхронные между средним годовым PDO и ПТВ январь-март, рассчитанные с постоянным окном 30 лет, с 1901г. (А), Корреляции синхронные между PDO и ПТВ Киев, между периодами 1951-85 и 1986-2021 гг.

Бібліографічні посилання

1. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.). Під ред. М.В. Ліпінського, В.М. Бабіченко – К. Ніка центр, 2006, 311с.

- 2, Климат Ураины. Під ред. М.В. Липинского, В.М. Бабиченко, В.М. Дячука, Киев, 2003.
3. IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, pp. 3–33.
4. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – Санкт-Петербург. 2017. – 106 с.
5. Щербань М. І. (1991). Клімат і врожаї на Україні. К.: Знання, 32 с.
6. Дмитриев А.А., Беязо В.А. (2006). Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. Гидрометеиздат. 360 с.
7. Рибченко Л.С., Савчук С.В. (2022). Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні. *Укр. географічний журнал*. N 1. 16-23
8. Andrzej A. Marsz, Dorota Matuszko, Styszyńska. (2021). The thermal state of the North Atlantic and macrocirculation conditions in the Atlantic-European sector, and changes in sunshine duration in Central Europe. *International Journal of Climatology*. Vol. 42(2). P. 48 - 761.
9. Sidorenkov N.S., Ian Wilson (2017). Influence of solar retrograde motion on terrestrial processes. *Astronomical and Astrophysical Transactions, Cambridge Scientific Publishers (Cambridge)*, т. 30, № 2, с. 249-260.
10. Luo B. W. X, Young-Min Y., and Jian Liu. (2019). Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. *Earth, atmospheric, and planetary sciences* Vol. 116 | No. 45. 22512-22517
- 11, Савчук С.В. Тимофеев В.Є., Ювченко Н. М. (2018). Районування України по впливу екстремальних значень максимальної температури повітря у теплий та холодний періоди року. *Укр. гідрометеорологічний журнал*, Вип. 22. – С. 46-56.
12. Hurrell. J. W. (1995). Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science , New Series*, Vol. 269, No. 5224, 676-679.