2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

УДК 551.582: 551.506.3

DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-127-133

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, СКОРОСТИ ВЕТРА И КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ГМС ТАГАНРОГ

Л.В. Дашкевич

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
ldashkev@ssc-ras.ru

Аннотация. В статье рассмотрены многолетние изменения температуры воздуха, скорости ветра и количества атмосферных осадков по данным наблюдений на гидрометеорологической станции Таганрог. Анализ данных по выделенным периодам выявил рост средних значений температуры воздуха от начала XX к началу XXI вв., как на годовых значениях, так и для всех сезонов. Наибольший рост средних значений отмечен для зимы, несколько меньший – для весенне-летнего сезона, наименьший – осенью. При этом для всех сезонов такой рост обеспечен преимущественно повышением средних минимальных значений, а для весны и лета – еще и средних максимальных. В современный период относительно XX века для температуры воздуха можно также отметить некоторое уменьшение стандартного отклонения, особенно для переходных периодов – весны и осени, при некотором увеличении вариабельности летом. Отмечено снижение средних годовой и сезонных скоростей ветра, что во многом обусловлено уменьшением максимальных средних месячных скоростей на протяжении всего рассматриваемого столетия. Значительно снизилось значение стандартного отклонения, особенно в зимний сезон. От XX к XXI веку выявлен незначительный рост среднего годового количества атмосферных осадков. При этом сезонные изменения в распределении осадков более выражены. Так в современный период отмечено некоторое увеличение средних сезонных сумм атмосферных осадков для холодного периода года (осень-зима) и снижение количества летних осадков (при увеличении вариабельности их количества от года к году).

Ключевые слова: Азовское море, температура воздуха, скорость ветра, атмосферные осадки.

Гидрометеорологическая станция (ГМС) Таганрог – расположена на берегу Таганрогского залива Азовского моря и климатически характеризует обширный район залива и устьевой части реки Дон. Значительная продолжительность доступных рядов данных наблюдений позволяет проследить изменения метеорологических параметров за климатически значимый промежуток времени.

Материалы и методы. В настоящей работе источником данных наблюдений на ГМС были общедоступные базы данных: Южного научного центра РАН [1]; российского сайта ООО «Расписание Погоды» (<http://rp5.ru>) и Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (<http://esimo.pacificinfo.ru>). Использовались данные срочных наблюдений.

При анализе данных на столетнем промежутке времени были выделены 4 периода по 25 лет (1919–1943, 1944–1968, 1969–1993, 1994–2018 гг.). Статистическая обработка рядов данных наблюдений прово-

дилась общепринятыми методами. Для температуры воздуха, атмосферных осадков и скорости ветра были рассчитаны средние годовые и сезонные значения, а затем их максимумы, минимумы и стандартные отклонения для каждого периода.

Результаты и обсуждение. Анализ данных ГМС Таганрог по выделенным периодам выявил рост средних значений температур воздуха от начала XX к началу XXI вв., как на годовых значениях, так и для всех сезонов. Как видно на рис. 1, наибольший рост средних значений отмечен для зимы, несколько меньший – для весенне-летнего сезона, наименьший – осенью. При этом для всех сезонов такой рост обеспечен преимущественно повышением средних минимальных значений, а для весны и лета – еще и средних максимальных. В современный период относительно XX века для температуры воздуха можно также отметить некоторое уменьшение стандартного отклонения, особенно для переходных периодов – весны и осени, при некотором увеличении вариабельности летом.

На отрезке времени 1919–2018 гг. рост годовых температур составил около 2 °С за 100 лет для ГМС Таганрог. При этом в современный период наблюдались наибольшие скорости роста температуры воздуха за последнее столетие (0,07 °С/год). Следует отметить, что после наиболее теплого 2010 г. в азовском регионе отмечено снижение темпов повышения температуры воздуха [2, 3].

Данные нашего анализа соответствуют наблюдениям разных авторов для всего Азово-Черноморского бассейна, как по данным ГМС, например,

[4, 5], так и спутниковым наблюдениям [6, 7 и др.]. При этом оценки наблюдаемых изменений по побережью Азовского моря у авторов различны, однако общей является наблюдаемая тенденция к повышению годовых и сезонных температур. По данным нашего анализа [2, 3, 8 и др.] разница в оценках изменений температуры воздуха и вод азовского побережья в основном связана с временными границами оцениваемого периода, а также имеет различия из-за географического положения ГМС.

Рис. 1. Среднегодовая и сезонная температура воздуха на ГМС Таганрог по периодам, °С

Анализ ветровой активности на азовских прибрежных ГМС разными авторами [3, 4, 8, 9, 10] свидетельствует о понижении скорости ветра как в среднем за год, так и для всех сезонов на протяжении всего XX столетия. В начале XXI века тенденция пониженной ветровой активности на азовском побережье сохранилась и даже усилилась.

На ГМС Таганрог (рис. 2) снижение средних годовой и сезонных скоростей ветра обусловлено во многом уменьшением максимальных средних месячных скоростей на протяжении всего рассматриваемого столетия. Значительно снизилось значение стандартного отклонения, особенно в зимний сезон. В изменениях скоростей ветра

от периода к периоду можно отметить, что наибольшее изменение наблюдалось между вторым и третьим из выделенных периодов. При этом

разница средних скоростей ветра между первым и вторым, как и между третьим и четвертым периодами, невелика.

Рис. 2. Среднегодовая и сезонная скорость ветра на ГМС Таганрог по периодам, м/с

Выделяют несколько причин явного снижения скорости ветра. Некоторые исследователи связывают данное явление со значительным увеличением плотности застройки прилегающих к ГМС территорий и изменением инструментария для измерения скоростей ветра. Однако, значительное снижение ветровой активности на всех прибрежных азовских ГМС безусловно имеет и климатическую составляющую, в частности смену циркуляционной эпохи в 1970–1975 гг. [9, 11–13]. Произошло увеличение повторяемости западных ветров в течение года. Если в середине XX века они преобладали лишь в летне-осенний период, с 1989 г. – охватывают и зимнее время, а с 1996 г. – период с февраля по июнь. С этим также можно связать увеличение количества зим-

них осадков в регионе в конце XX – начале XXI вв. [14]. Весьма вероятно, что отмеченные тенденции являются примером внутривековых и межвековых природных циклов [15, 16].

Атмосферные осадки – важнейший фактор формирования речного стока и водного баланса Азовского моря. В результате перестройки климата в конце XX – начале XXI веков наблюдается увеличение среднегодового количества осадков относительно первой половины прошлого века.

За период 1891–1995 гг. тренд атмосферных осадков был положительным [11]. В последующие годы тенденция оставалась прежней: среднегодовое количество осадков с 1979 по 2010 год увеличилось на 54 мм [6, 17]. Наблюдаемые изменения исследовате-

ли связывают с увеличением количества циклонов и их «водности» в азовском регионе [18]. Наибольшие изменения среднегодового количества осадков отмечены на юго-западе региона. Однако, после пика, пришедшегося на 2010 г., в последние годы наблюдается снижение годового количества осадков в азовском регионе.

Как можно видеть на рис. 3, от XX к XXI веку среднее годовое значение количества осадков незначительно выросло. Средние годовые минимумы и максимумы, а также стандартное отклонение практически не менялись между выделенными периодами. Сезонные изменения в распределении атмосферных осадков более выражены. Для ГМС

Таганрог в современный период отмечено некоторое увеличение средних сезонных значений для холодного периода года (осень-зима). Отмечено снижение количества летних осадков (при увеличении вариабельности их количества от года к году).

Таким образом, в многолетней динамике с конца XX к началу XXI века для температуры воздуха и количества осадков отмечается тенденция повышения, а для скорости ветра – снижения. Как показано в настоящей работе, а также в работах [2, 3, 8 и др.], особенно ярко накопленные изменения проявляются при сравнении метеоусловий начала XX и XXI веков.

Рис. 3. Среднегодовое и сезонное количество атмосферных осадков на ГМС Таганрог по периодам, мм

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН (№ гр. 01201363188) и ПФИ Президиума РАН №20 "Новые вызовы климатической системы Земли", № гр. проекта АААА-А18-118011990324-5)

Список литературы

1. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. Matishov G., Matishov D., Gargopa Yu., Dashkevich L., Berdnikov S., Kulygin V., Archipova O., Chikin A., Shabas I., Baranova O., Smolyar I. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. G. Matishov, S. Levitus, Eds., NOAA Atlas NESDIS 65, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 2008. 148 p.
2. Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Анализ климатических факторов по данным наземных наблюдений и спутниковым снимкам, на примере Таганрогского залива // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2017. Т. 1. № 2. С. 216–226.
3. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX – начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания, 2019, т.2, № 2, С. 7–19.
4. Дьяков Н.Н. Современный гидрометеорологический режим Азовского моря: автореф. дис. канд. географ. наук. Севастополь, 2010. 21 с.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 г. Москва, 2019. 79 с.
6. Костяной А.Г., Гинзбург А.И., Лебедев С.А. Климатическая изменчивость гидрометеорологических параметров морей России в 1979–2011 гг. // Труды главной геофиз. обсерватории им. А.И. Воейкова. 2014. №. 570. С. 50–87.
7. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. Черное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982–2009 гг., спутниковая информация) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 4. С. 209–218.
8. Dashkevich L.V., Berdnikov S.V. Climatic changes and salinity of the Sea of Azov for 100 years. In: Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 (Albena, 28 June – 6 July, 2016). New York: Curran Associates, Inc., 2016, book 3, vol. 2, pp. 719–726. doi: 10.5593/SGEM2016/B32/S15.094.
9. Гаргона Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 44–71.
10. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Мартынов Е.С., Гармашов А.В. Ветро-волновой режим Азовского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2010. № 22. С. 228–239.
11. Лурье П.М., Панов В.Д. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI века // Метеорология и гидрология. 1999. № 4. С. 90–97.
12. Луц Н.В. Многолетняя изменчивость скорости ветра в восточном Приазовье // Метеорология и гидрология. 2001. № 2. С. 98–102.
13. Гаргона Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря: автореф. дис. канд. геогр. наук. Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2003. 48 с.
14. Сорокина В.В., Ивлиева О.В., Лурье П.М. Динамика стока на устьевых участках рек Дон и Кубань во второй половине XX века // Вестник южного научного центра РАН. 2006. Т. 2, № 2. С. 58–67.
15. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргона Ю.М. Климатогенные изменения экосистем южных морей в условиях антропогенных воздействий // Известия РАН. Серия географическая. 2008. № 3. С. 26–34.
16. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргона Ю.М., Дашкевич Л.В. Замерзание Азовского моря и климат в начале XXI века // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6, № 1. С. 33–40.
17. Дьяков Н.Н. Современный гидрометеорологический режим Азовского моря: автореф. дис. канд. географ. наук. Севастополь, 2010. 21 с.
18. Бабкин В.И., Постников А.Н. О роли циклонической деятельности в формировании стока Волги, Дона и Днепра // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, № 1. С. 106–108.

LONG-TERM CHANGES IN THE AIR TEMPERATURE, WIND SPEED AND PRECIPITATION AT THE TAGANROG HYDROMETEOROLOGICAL STATION

L.V. Dashkevich

Federal Research Centre The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
ldashkev@ssc-ras.ru

Abstract. The article discusses the long-term changes in air temperature, wind speed and precipitation amount according to observations at the Taganrog hydrometeorological station. The observation data analysis of for the selected periods revealed an increase in the average values of air temperature from the beginning of the twentieth to the beginning of the twenty-first centuries, both at annual values and for all seasons. The highest increase in average values was noted for winter, a little smaller – for the spring-summer season, the smallest – in the autumn. At the same time, for all seasons such growth is provided mainly by an increase in the average minimum values, and for spring and summer – also an average maximum. In the modern period relative to the twentieth century for air temperature, it is also possible to note a slight decrease in the standard deviation, especially for transitional periods – spring and autumn, with a slight increase in the variability in summer. A decrease in the average annual and seasonal wind speeds is noted, which is largely due to a decrease in the maximum average monthly velocities throughout the century under consideration. The standard deviation is significantly decreased, especially in the winter season. From the twentieth to the twenty-first century, a slight increase in the average annual amount of precipitation was revealed. At the same time, seasonal changes in the distribution of precipitation are more pronounced. So in the modern period there has been a slight increase in the average seasonal precipitation for the cold period of the year (autumn-winter) and a decrease in the amount of summer precipitation (with an increase in the variability of their quantity from year to year).

Keywords: Sea of Azov, air temperature, wind speed, precipitation

References:

1. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. Matishov G., Matishov D., Gargopa Yu., Dashkevich L., Berdnikov S., Kulygin V., Archipova O., Chikin A., Shabas I., Baranova O., Smolyar I. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. G. Matishov, S. Levitus, Eds., NOAA Atlas NESDIS 65, U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C., 2008. – 148 p. (In English)
2. Dashkevich L.V., Kulygin V.V. Analiz klimaticheskikh faktorov po dannym nazemnykh nablyudeniy i sputnikovym snimkam, na primere Taganrofskogo zaliva [Analysis of climate factors following the data from ground-based observations and satellite images, through the example of the Taganrog Bay]. In: Sistemnyy analiz i modelirovaniye ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem: materialy Vserossiyskoy konferentsii “Ekologiya. Ekonomika. Informatika” (p. Dyurso, 4–9 sentyabrya 2017 g.) [System analysis and mathematical modeling of ecological and economic systems. Proceedings of the All-Russian Conference “Ecology. Economy. Informatics” (Dyurso, 4–9 September, 2017)]. Rostov-on-Don: SFEDU (Southern Federal University) Publ., 2017, vol. 1, no. 2, pp. 216–226. (In Russian).
3. Berdnikov S.V., Dashkevich L.V., Kulygin V.V. Klimaticheskiye usloviya i gidrologicheskiy rezhim Azovskogo morya v XX – nachale XXI vv. [Climatic conditions and hydrological regime of the Azov Sea in the twentieth – early twenty-first centuries]. Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya, 2019, V.2, No 2, P. 7–19. (In Russian).
4. D'yakov N.N. Sovremennyy gidrometeorologicheskii rezhim Azovskogo morya: avtoref. dis. kand. geograf. nauk. [Modern hydrometeorological regime of the Azov sea. Extended abstract of Candidate's (Geography) Thesis] Sevastopol', 2010. 21 p. (In Russian).
5. A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2018. Moscow. 2019. 79 p. (In Russian).
6. Kostyanoi A.G., Ginzburg A.I., Lebedev S.A. Klimaticheskaya izmenchivost' gidrometeorologicheskikh parametrov morei Rossii v 1979–2011 gg. [Climatic variability of hydrometeorological parameters of Russian seas in 1979–2011]. Trudy glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova [Proceedings of the main geophysical Observatory named after A. I. Voeikov], 2014, no. 570. pp. 50–87. (In Russian).
7. Ginzburg A.I., Kostyanoi A.G., Sheremet N.A. Chernoye i Azovskoye morya: sravnitel'nyy analiz izmenchivosti temperatury poverkhnosti (1982–2009, sputnikovaya informatsiya) [Black and Azov seas: a comparative analysis of surface temperature variability (1982–2009, satellite information)]. Sovremennyye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space]. 2011. V.8. no. 4, p. 209–218. (In Russian)
8. Dashkevich L.V., Berdnikov S.V. Climatic changes and salinity of the Sea of Azov for 100 years. In: Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 (Albena, 28 June – 6 July, 2016). New York: Curran Associates, Inc., 2016, book 3, vol. 2, pp. 719–726. doi: 10.5593/SGEM2016/B32/S15.094.
9. Gargopa Yu.M. Zakonomernosti mnogoletney dinamiki okeanograficheskikh protsessov i komponentov bioty Azovskogo morya [Consistent patterns in the long-term dynamics of oceanographic processes and biota components of the Sea of Azov]. In: Sreda, biota i modelirovaniye ekologicheskikh protsessov v Azovskom more [Habitat, biota and modeling of environmental processes in the Sea of Azov]. Apatity: Kola Science Centre of the RAS Publ., 2001, pp. 44–71. (In Russian).

10. *D'yakov N.N., Fomin V.V., Martynov E.S., Garmashov A. V.* Vetro-volnovoy rezhim Azovskogo morya [Wind and wave regime of the Sea of Azov]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources], 2010, no. 22, pp. 228–239. (In Russian).
11. *Lur'e P.M., Panov V.D.* Vliyanie izmeneniy klimata na gidrologicheskiy rezhim r. Don v nachale XXI veka [An influence of climate changes on hydrological regime of the Don River in the early 21st century]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology], 1999, no. 4, pp. 90–97. (In Russian).
12. *Luts N.V.* Mnogoletnyaya izmenchivost' skorosti vetra v vostochnom Priazov'e [Long-term variability of wind speed in the Eastern Azov Region]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology], 2001, no. 2, pp. 98–102. (In Russian).
13. *Gargopa Yu.M.* Krupnomasshtabnye izmeneniya gidrometeorologicheskikh usloviy formirovaniya bioproduktivnosti Azovskogo morya: avtoref. dis. kand. geogr. nauk [Wide-scale changes in the hydrometeorological conditions of biological productivity formation in the Sea of Azov]. Murmansk: MMBI KSC RAS (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences) Publ., 2003, 48 p. (In Russian).
14. *Sorokina V.V., Ivlieva O.V., Lur'e P.M.* Dinamika stoka na ust'evykh uchastkakh rek Don i Kuban' vo vtoroy polovine XX veka [River flow alteration in the Don and the Kuban mouths, the second part of XX century]. *Vestnik yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN* [SSC RAS Bulletin], 2006, vol. 2, no. 2, pp. 58–67. (In Russian).
15. *Matishov G.G., Matishov D.G., Gargopa Yu.M.* Klimatogennye izmeneniya ekosistem yuzhnykh morey v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy [Climatic changes of ecosystems of the southern seas under anthropogenic impact]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Geographics], 2008, no. 3, pp. 26–34. (In Russian).
16. *Matishov G.G., Matishov D.G., Gargopa Yu.M., Dashkevich L.V.* Zamerzanie Azovskogo morya i klimat v nachale XXI veka [Freezing of the Sea of Azov and climate at the beginning of the XXI century]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN* [SSC RAS Bulletin], 2010, vol. 6, no. 1, pp. 33–40. (In Russian).
17. *D'yakov N.N.* Sovremennyy gidrometeorologicheskii rezhim Azovskogo morya: avtoref. dis. kand. geograf. nauk. [Modern hydrometeorological regime of the Azov sea. Extended abstract of Candidate's (Geography) Thesis] Sevastopol', 2010. 21 p. (In Russian).
18. *Babkin V.I., Postnikov A.N.* O roli tsiklonicheskoy deyatel'nosti v formirovanii stoka Volgi, Dona i Dnepra [About the role of cyclonic activity in the formation of streamflow of the Volga, Don, Dnepr rivers]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 2000, vol. 27, no. 1, pp. 106–108. (In Russian).