

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

**Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова,
А.В. Дрыгваль, В.А. Табунщик**

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,
299011 г. Севастополь, Российская Федерация

Изменение температуры воздуха в Крыму

В работе представлены результаты исследований пространственно-временной динамики полей температуры воздуха на территории Крымского полуострова в связи со сменой циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. Получены среднесезонные карты температуры воздуха на территории Крымского полуострова для каждой циркуляционной эпохи и периода, а также карты динамики полей температуры при их смене. На основе анализа полученных карт выявлено, что изменение температуры воздуха происходит не синхронно, а имеет свои особенности в различных регионах Крымского полуострова, что объясняется влиянием местных факторов. Зафиксированы зоны, характеризующиеся постоянными максимальными температурами воздуха во все рассматриваемые временные периоды. Выявлено, что за время инструментальных наблюдений на территории Крымского полуострова произошло потепление на 1 °С. Причем это потепление происходило в последний циркуляционный период.

Ключевые слова: Крым, Крымский полуостров, климат, температура, температура воздуха, циркуляционная эпоха, циркуляционный период

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы научно-исследовательской работы Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН № АААА-А19-119061190081-9.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Табунщик В.А. Изменение температуры воздуха в Крыму // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

**R.V. Gorbunov, T.Yu. Gorbunova,
A.V. Drygval, V.A. Tabunshchik**

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, 299011, Russian Federation

Change of air temperature in Crimea

The article presents the results of spatial and temporal dynamics research of the air temperature fields on the territory of the Crimean Peninsula due to the change of circulation epochs and periods of the Northern Hemisphere. Average multiannual maps of air temperature on the Crimean Peninsula for each circulating epoch and period were obtained, as well as maps of temperature fields dynamics at their change. Based on the obtained analysis of the maps it was found out that change in air temperature occurred not synchronously, but had its own characteristics in different regions of the Crimean Peninsula, which is explained by the influence of local factors. Zones characterized by constant maximum air temperatures in all considered periods have been recorded. It was found that during the instrumental observations on the Crimean Peninsula the warming occurred by 1 °C. This warming was occurring during the last circulation period.

Key words: Crimea, the Crimean Peninsula, climate, temperature, air temperature, circulation epoch, circulation period

Acknowledgments. The study was made as part of research in A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (registration number: AAAA-A19-119061-190081-9).

CITATION: Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Drygval A.V., Tabunshchik V.A. Change of Air Temperature in Crimea. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 370–383. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

Изучение региональных проявлений климатических изменений – одна из самых актуальных задач современной экологии и климатологии. Нет ни одного вида природопользования, которое не испытывает воздействия глобальных климатических изменений. Эти изменения требуют адаптации природопользования, а зачастую – коренного преобразования хозяйственной деятельности [IPCC, 2014; IPCC, 2018; Fedele et al., 2019; Xiaomeng Cui, 2020].

История изучения изменения температуры воздуха на территории Крымского полуострова за инструментальный период наблюдений носит довольно разобщенный характер и характеризуется крайне малым количеством данных в начальный период и недостаточным (неполным) объемом данных в современный период. К тому же эти данные часто разрозненны. Среди публикаций, направленных на изучение изменения температуры воздуха в Крыму, следует отнести работы Ю.П. Ильина, Л.Н. Репетина (2006), О.В. Парубец (2009), А.К. Куклина с соавторами (2012), Н.А. Лемешко с соавторами (2014), А.А. Косовец, А.А. Дониц (2014), Р.В. Горбунова с соавторами (2014, 2016, 2017), Н.К. Кононовой (2014), А.В. Холопцева (2014), А.В. Холопцева, О.В. Парубец (2014), В.П. Нестеренко (2016), М.Х. Хаупшевой, Т.Л. Шугунова, Л.Ж. Шугунова (2017), С.П. Корсаковой (2018), С.П. Корсаковой, П.Б. Корсакова (2018), А.В. Холопцева, С.А. Подпорина, Л.Е. Курочкина (2018), В.О. Жука, Е.И. Ергиной (2018), Е.И. Ергиной, В.О. Жука (2019), С.И. Казакова с соавторами (2019) и др.

Указанные работы нацелены на изучение динамики температуры воздуха на метеостанциях Крымского полуострова. Благодаря анализу трендов, многими авторами делается заключение о том, что, во-первых, на территории Крымского полуострова наблюдается увеличение температуры воздуха, а во-вторых, что это увеличение происходит не синхронно и усложняется влиянием местных факторов. Вместе с тем, изучение динамики температуры воздуха с использованием данных метеостанций хоть и определяет высокую точность получаемых выводов, в то же самое время не обеспечивает получение общей картины динамики полей температуры воздуха в пространстве.

В предыдущих работах [Горбунов, Горбунова, Кононова, 2014; Горбунов, Горбунова, Патлусова, 2015; Роль циркуляции атмосферы, 2016; Fedorov et al., 2017], нами была осуществлена попытка выявления роли элементарных циркуляционных механизмов (далее – ЭЦМ) в изменении температуры воздуха в Крыму. Были рассчитаны климатические нормы температуры воздуха для каждой метеостанции Крымского полуострова

с учетом смены циркуляционных эпох и периодов Северного полушария, рассчитан циркуляционный вклад каждого ЭЦМ в формирование климатической нормы, определена устойчивость этого вклада. Было выявлено повышение температуры воздуха на территории Крымского полуострова, которое составило 1 °С. Вместе с тем, эти работы не позволили выявить изменчивость полей температуры воздуха в Крыму, что связано с неравномерным расположением метеостанций на территории Крымского полуострова, определяющим высокую ошибку в процессе интерполяции. Вместе с тем, в настоящее время имеется большое количество баз данных реанализа, позволяющих моделировать пространственную дифференциацию полей температуры воздуха на любой территории и анализировать их пространственно-временную динамику. Нерешенность вопроса пространственно-временной динамики полей температуры воздуха в Крыму в результате изменений климата и наличие открытого доступа к базам данных реанализа формирует цель настоящего исследования – изучение динамики полей температуры воздуха в Крыму в связи со сменой циркуляционных эпох и периодов Северного полушария в XX в. – начале XXI в.

Материал и методы

Для описания влияния циркуляции атмосферы на пространственно-временную динамику полей температуры воздуха использовалась классификация элементарных циркуляционных механизмов, предложенная Б.Л. Дзердзеевским с соавторами (1946, 1968). С определенным типом ЭЦМ в каждом районе связаны характерные для этого типа ЭЦМ погодные (синоптические) условия с соответствующими температурными показателями.

По направлению перемещения барических образований на Северном полушарии ЭЦМ объединены в 4 группы циркуляции: зональную, нарушения зональности, меридиональную северную и меридиональную южную. Анализ отклонений суммарной годовой продолжительности меридиональной северной, меридиональной южной и обобщенной зональной групп циркуляции позволил выявить Б.Л. Дзердзеевскому (1956) циркуляционные эпохи. С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи: две меридиональные (с 1899 по 1915 г. и с 1957 г. по настоящее время (включает в себя четыре циркуляционных периода)) и одна зональная (1916–1956) [Кононова, 2009].

Изучение пространственно-временной динамики температуры воздуха основывалось на получении среднемноголетних карт рассматриваемых характеристик для каждой циркуляционной эпохи и периода.

Климатические данные были сгенерированы с помощью программного пакета Climate EU v4.63 (<http://tinyurl.com/ClimateEU>), на основе методологии, описанной в [Wang et al., 2016].

Для получения данных реанализа с помощью программы Climate EU в программе Arc GIS 10.2 на территорию Крымского полуострова был создан слой точек с расстоянием между ними 0,01 градус. С помощью инструмента X, Y Coordinate для каждой точки были извлечены координаты широты и долготы. Из космического снимка SRTM были получены значения абсолютной высоты для каждой из заданных точек. Далее эта база в табличном варианте была перенесена в MS Exel и подгружена в программу Climate EU, где для каждой из заданных точек была получена база данных, содержащая информацию о температуре воздуха по месяцам за период с 1916 по 2013 г.

На основании полученного файла MS Exel в программе Arc GIS 10.2 был построен точечный шейп-файл, содержащий атрибутивную таблицу с полученными значениями среднемесячных температур за каждый год указанного периода. Интерполяция полученных значений позволила построить серию карт, которые в дальнейшем при помощи функции растрового калькулятора усреднялись до среднегодовых в границах циркуляционных эпох и периодов. Вычитание карт последующего временного периода из предыдущего позволило увидеть и проанализировать пространственно-временные изменения полей температуры воздуха в Крыму.

Результаты и обсуждение

Зональная циркуляционная эпоха (1916–1956) (рис. 1) характеризовалась среднепогодными температурами воздуха в пределах 4,2–11,7 °С.

Резкие перепады температуры воздуха (от 4,2 до 9,0 °С) наблюдались преимущественно в горных территориях. Самая теплая область (11–11,7 °С) отмечалась на территории от Центрально-Крымской равнины до западного побережья (от Гераклейского полуострова до Евпаторийской бухты), а также на территории узкой прибрежной полосы Южного берега Крыма, Ак-Монайского перешейка, побережья Феодосийского залива, южной части Юго-западной равнины, юго-восточной части Арабатской косы. С продвижением от Внутренней гряды к Главной гряде наблюдалось понижение температуры от 10,0 до 4,2 °С. Большая равнинная часть полуострова характеризовалась среднепогодными температурами на уровне 10,0–11,0 °С, кроме небольших участков на Тарханкутском полуострове, Перекопском перешейке, где среднепогодная температура за рассматриваемый промежуток времени меньше на 1,0 °С и составляла 9,0–10,0 °С.

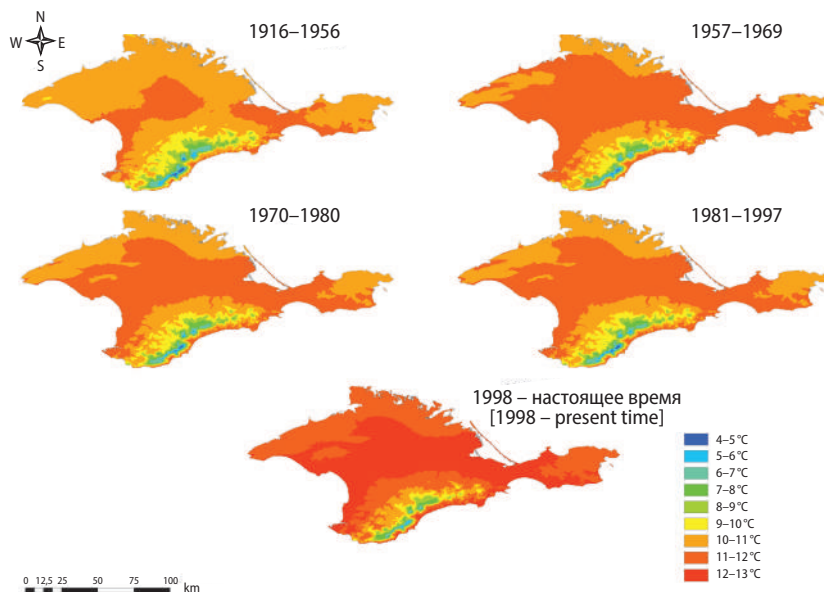


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в Крыму по циркуляционным эпохам и периодам

Fig. 1. Changes of air temperature in Crimea by circulation epochs and periods

В первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957–1969), сменяющей зональную циркуляционную эпоху в 1957 г. (рис. 1), одновременно увеличивалась продолжительность меридиональных северных и южных процессов, при этом среднеголетняя температура составляла 4,8–12,2 °С. Большая часть территории полуострова прогревалась до наибольших значений среднеголетних температур периода (11,0–12,2 °С). На один градус меньше (10,0–11,0 °С) отмечались среднеголетние температуры над большей частью Тарханкутского полуострова, прибрежной частью Присивашской низменности (от г. Армянск до природного парка «Калиновский»), частью Керченской холмистой равнины, территорией между Центрально-Крымской равниной и Внешней грядой Крымских гор. Самыми низкими среднеголетними температурами на полуострове характеризовался Горный Крым, где температура резко изменялась в пределах от 4,8 до 10,0 °С, снижаясь по направлению от Внешней гряды к Главной гряде.

Среднеголетняя температура при переходе от зональной циркуляционной эпохи к первому периоду меридиональной южной

циркуляционной эпохи увеличилась на $0,35\text{--}0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Изменение температуры воздуха происходило в субмеридиональном направлении, увеличиваясь с востока на запад. Максимальные значения роста температуры ($0,5\text{--}0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$) были характерны для большей части территории Крымского полуострова, расположенной западнее линии природный парк «Калиновский» (на севере) – низовье реки Алачук (на юге), минимальные ($0,35\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) – для Керченского полуострова. Наибольшие значения потепления наблюдались в Горном Крыму на яйлах.

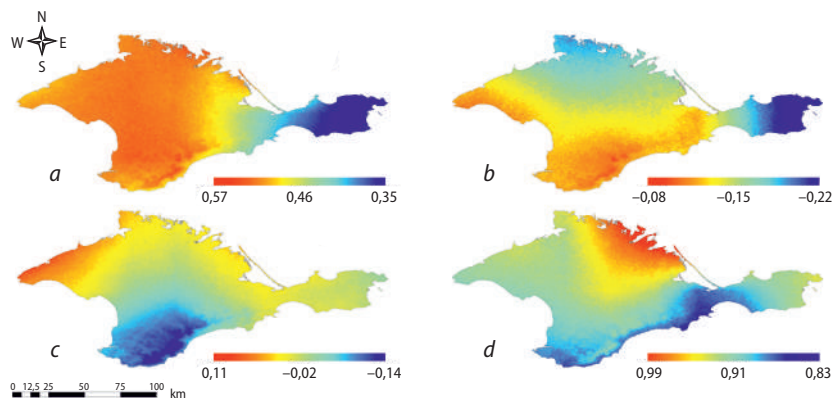


Рис. 2. Пространственно-временная динамика температуры воздуха в Крыму:

a – между зональной циркуляционной эпохой и первым периодом меридиональной южной циркуляционной эпохи; *b* – между первым и вторым периодами меридиональной южной циркуляционной эпохи; *c* – между вторым и третьим периодами меридиональной южной циркуляционной эпохи; *d* – между третьим и четвертым периодами меридиональной южной циркуляционной эпохи

Fig. 2. Spatial-temporal dynamics of air temperature in Crimea:

a – between the zonal circulation epoch and the first period of the Southern meridional circulation epoch; *b* – between the first and the second periods of the Southern meridional circulation epoch; *c* – between the second and the third periods of the Southern meridional circulation epoch; *d* – between the third and fourth periods of the Southern meridional circulation epoch

Второй период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1970–1980) характеризовался большей продолжительностью зональных процессов. Среднегодовое значение температуры за этот период составляло $4,7\text{--}12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 1). Рисунок распределения среднегодовых значений температур в этом периоде во многом повторяет распределение температур первого периода меридиональной южной циркуляционной эпохи, однако имеются некоторые различия. Северная

равнинная часть полуострова прогревалась меньше, и поле максимальных температур за период (11,0–12,1 °С) сместилось южнее. То же произошло и на территории Керченского полуострова. В Крымских горах среднеголетняя температура воздушных масс по-прежнему ниже всего на полуострове и варьировалась от 4,8 до 10,0 °С. Распределение температур в Горном Крыму, по сравнению с предыдущим периодом, не изменилось. Большая равнинная часть территории полуострова прогревалась до 11,0–12,1 °С.

При смене первого периода меридиональной южной циркуляционной эпохи на второй (см. рис. 2) на всей территории Крымского полуострова произошло похолодание на 0,08–0,22 °С. Основная территория Крымского полуострова при этой смене характеризовалась субширотным изменением температуры с максимальным похолоданием в Присивашье и минимальным – на яйлах, где снижение температуры составило 0,08 °С. Керченский полуостров характеризовался наибольшими значениями похолодания (0,18–0,22 °С), кроме того, здесь сохранилось субмеридиональное изменение температур с востока на запад.

Для третьего периода меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981–1997) характерен быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов. Среднеголетняя температура за этот период составляла 4,5–12,0 °С (см. рис. 1). Характер распределения и значения среднеголетних температур в этом периоде практически не отличаются от значений и распределения температур в предыдущем периоде.

При переходе от второго периода меридиональной южной циркуляционной эпохи к третьему (см. рис. 2) на территории Крымского полуострова сохраняется субширотная закономерность ее изменения. Вместе с тем на фоне роста температуры воздуха в равнинном Крыму горные районы полуострова испытывают некоторое похолодание. Особенно ярко оно проявляется в западном секторе Горного Крыма, где значения изменения температуры воздуха достигают –0,14 °С. Наибольшие значения потепления наблюдаются на Тарханкутском полуострове и достигают 0,11 °С. Незначительные изменения ($\pm 0,02$ °С) наблюдаются для большей части Равнинного Крыма, в том числе – на Керченском полуострове. Температура южной и центральной частей полуострова, охватывающая Центральную-Крымскую равнину, Горный Крым (кроме территории яйл), Южный берег Крыма, Альминскую низменность, часть горного массива Меганом, а также малую часть Керченской холмистой

равнины в районе г. Керчь и мыса Фонарь, уменьшилась на $0-0,1$ °C. Остальная территория Крымского полуострова характеризуется небольшим ростом среднегодовой температуры на $0-0,11$ °C.

В четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2013) уменьшается продолжительность меридиональных южных процессов и растут меридиональные северные процессы. Рисунок распределения среднегодовых значений температур во многом повторяет распределение температур третьего периода меридиональной южной циркуляционной эпохи, однако значения температур выше практически на градус. Среднегодовая температура за этот период составляет $5,4-13,0$ °C (см. рис. 1). Большая часть равнинной территории полуострова хорошо прогревается: $12,0-13,0$ °C. Немного меньшими температурами ($11,0-12,0$ °C) характеризуется территория большей части Тарханкутского полуострова, прибрежной части Присивашской низменности, Керченской холмистой равнины, северо-западной части Арабатской стрелки, между Центрально-Крымской равниной и Внешней грядой Крымских гор. Температура воздуха в Горном Крыму снижается по направлению от Внешней гряды к Главной гряде и в высотном направлении. Среднегодовая температура здесь ниже всего на полуострове и составляет от $5,4$ до $11,0$ °C.

При последней смене периодов меридиональной южной циркуляционной эпохи (см. рис. 2) происходит повсеместное увеличение температуры воздуха до $0,83-0,99$ °C. Среднегодовое значение температуры повысилось за счет увеличения максимума температур в летние месяцы и уменьшения минимума в зимние, что определяет рост континентальности климата в Крыму. Максимальные значения характерны для Присивашской низменности и уменьшаются в юго-западном направлении. Самый большой скачок температуры ($0,95-0,99$ °C) наблюдается на прибрежной части Присивашской низменности (от полуострова Карача-Китай до государственного природного заказника «Присивашский») и северо-западной части Арабатской стрелки. Температура в пределах $0,9-0,95$ °C увеличивается также в центральной части Арабатской стрелки, Центрально-Крымской равнине, береговой зоне Каркинитского залива, Перекопском перешейке, части Тарханкутской возвышенности (берег Каркинитского залива), на восточной части Керченской холмистой равнины, мысе Казантип. Минимальные значения потепления наблюдаются на территории Ак-Мойнакского перешейка, узкой прибрежной полосы Южного берега Крыма, а также на Гераклеиском полуострове.

Выводы

В результате исследований были получены карты температуры воздуха в Крыму для каждой циркуляционной эпохи и периода, а также карты динамики полей температуры воздуха в Крыму в связи со сменой циркуляционных эпох и периодов Северного полушария.

Выявлено, что для большей части территории Крымского полуострова в период зональной циркуляционной эпохи изменение температуры воздуха имеет субмеридиональную направленность, а для меридиональной южной – субширотную. При этом территория Керченского полуострова сохраняет субмеридиональный характер изменения температуры воздуха во все рассматриваемые эпохи и периоды.

Среднемноголетние значения температуры на Крымском полуострове возрастают в первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957–1969) в пределах от 0,35 до 0,57 °С и, значительно, в последнем периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2013) – от 0,83 до 0,99 °С. Смены второго (1970–1980) и третьего (1981–1997) периодов меридиональной южной циркуляционной эпохи характеризуются самыми плавными переходами, преимущественно в сторону понижения среднегодовой температуры в пределах от 0,22 до 0,08 °С и от 0,14 до 0,11 °С соответственно. В последний период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2013) среднемноголетнее значение температуры воздуха повысилось за счет увеличения максимума температур в летние месяцы и уменьшением минимума в зимние, что формирует рост континентальности климата на полуострове.

Библиографический список / Referense

Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кононова Н.К. Климатические нормы температуры воздуха на территории полуострова Крым // Культура народов Причерноморья. 2014. № 278. Т. 2. С. 89–94. [Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Kononova N.K. Climatic norms of air temperature on the territory of the Crimean peninsula. *Kultura narodov Prichernomor'ya*. 2014. No. 278. Vol. 2. Pp. 89–94. (In Rus.)]

Дзердзеевский Б.Л. Проблема колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // А.И. Воейков и современные проблемы климатологии. Л., 1956. С. 109–122. [Dzardzeevsky B.L. The problem of fluctuations in the general circulation of the atmosphere and climate. *A.I. Voejkov i sovremennye problemy klimatologii*. Leningrad, 1956. Pp. 109–122. (In Rus.)]

Жук В.О., Ергина Е.И. Анализ современной метеорологической ситуации в предгорном Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 2. С. 227–241. [Zhuk V.O., Yergina E.I. Analysis of the modern meteorological situation

in the foothills of Crimea. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2018. Vol. 4 (70). No. 2. Pp. 227–241. (In Rus.)]

Ильин Ю.П., Репетин Л.Н. Вековые изменения температуры воздуха в черноморском регионе и их сезонные особенности // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2006. № 14. С. 433–448. [Ilyin Yu.P., Repetin L.N. Centuries-old changes in air temperature in the Black Sea region and their seasonal features. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*. 2006. No. 14. Pp. 433–448. (In Rus.)]

Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М., 2009. [Kononova N.K. Klassifikaciya cirkulyacionnyh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu [Classification of circulation mechanisms of Northern hemisphere by B.L. Dzerdzeevskii]. Moscow, 2009. (In Rus.)]

Кононова Н. К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 633–639. [Kononova N.K. Atmospheric circulation in the European sector of the Northern hemisphere in the XXI century and temperature fluctuations in Crimea. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2014. Vol. 10. No. 1. Pp. 633–639. (In Rus.)]

Корсакова С.П. Анализ временной изменчивости характеристик термического режима на Южном берегу Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018а. № 128. С. 100–111. [Korsakova S.P. Analysis of the temporal variability of characteristic of thermal regime on the Southern Coast of the Crimea. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2018а. No. 128. Pp. 100–111. (In Rus.)]

Корсакова С.П., Корсаков П.Б. Динамика временных границ климатических сезонов на Южном берегу Крыма в условиях изменения климата // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 127. С. 107–115. [Korsakova S.P., Korsakov P.B. Dynamics in the temporal boundaries of climatic seasons in the Southern Coast of the Crimea under climate change. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2018. No. 127. Pp. 107–115. (In Rus.)]

Корсакова С.П. Оценка будущих изменений климата на Южном берегу Крыма // Экосистемы. 2018б. № 15 (45). С. 151–165. [Korsakova S.P. The evaluation of future climate change in the Southern coast of the Crimea. *Ekosistem*. 2018б. № 15 (45). Pp. 151–165. (In Rus.)]

Косовець О.О., Доніч О.А. Зміни клімату Криму у порівнянні зі змінами клімату в континентальній Україні // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 1. С. 657–659. [Kosovets O.O., Donich O.A. Climate change Crimea over climate change in mainland Ukraine. *Geopolitics and Ecogeodynamics of the Regions*. 2014. Vol. 10. No. 1. Pp. 657–659.]

Нестеренко В.П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 18 (239). С. 115–122. [Nesterenko V.P. Patterns of climate change formation and their forecast on the territory of Crimea. *Scientific Bulletins of the Belgorod State University. Natural Sciences*. 2016. No. 18 (239). Pp. 115–122. (In Rus.)]

Парубец О.В. Анализ климатических рядов Крымского полуострова // Экоистемы, их оптимизация и охрана. 2009а. № 20. С. 154–164. [Parubets O.V.

The analysis of climatic numbers of Crimean peninsula. *Optimization and Protection of Ecosystems*. 2009. No. 20. Pp. 154–164. (In Rus.)]

Парубец О.В. Изменение климата в Крыму // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. 2009б. Т. 22 (61). № 2. С. 88–96. [Parubets O.V. The climate change in Crimea. *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Geography*. 2009b. Vol. 22 (61). No. 2. Pp. 88–96. (In Rus.)]

Роль циркуляции атмосферы в изменении температуры воздуха на территории Крымского полуострова в XX веке – начале XXI века / Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Калиновский П.С. и др. // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2016. № 580. С. 175–198. [Gorbunov R.V., Gorbunova T.Y., Kalinovskii P.S. et al. Role of atmospheric circulation in air temperature changes on the Crimean peninsula in the XX century – beginning of XXI century. *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*. 2016. No. 580. Pp. 175–198. (In Rus.)]

Хаупшева М.Х., Шугунов Т.Л., Шугунов Л.Ж. Сравнительный анализ среднегодовой температуры Крыма // Успехи современного естествознания. 2017. № 3. С. 122–127. [Khaupsheva M.Kh., Shugunov T.L., Shugunov L.Zh. Comparative analysis of average annual temperature of the North Caucasus and Crimea. *Advances in Current Natural Sciences*. 2017. No. 3. Pp. 122–127. (In Rus.)]

Холопцев А.В. Ориентировочный прогноз зимних температур в Горном Крыму с учетом субоптимального набора факторов // Science Rise. 2014. Т. 4. № 1 (4). С. 37–46. [Kholoptsev A.V. An approximate forecast of winter temperatures in Mountain Crimea, taking into account a suboptimal set of factors. *Science Rise*. 2014. Vol. 4. No. 1 (4). Pp. 37–46. (In Rus.)]

Холопцев А.В., Парубец О.В. Изменение климата Западного Крыма зимой и летом с 1915 по 2013 г. // Science Rise. 2014. № 1 (1). С. 70–74. [Kholoptsev A.V., Parubets O.V. Climate change in the Western Crimea in winter and summer from 1915 to 2013. *Science Rise*. 2014. No. 1 (1). Pp. 70–74. (In Rus.)]

Холопцев А.В., Подпорин С.А., Курочкин Л.Е. Вторжения арктического воздуха и современная климатическая изменчивость экстремальных температур и сумм атмосферных осадков в Крыму // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 145–155. [Kholoptsev A.V., Podporin S.A., Kurochkin L.E. Invasion of arctic air and current climate variability of extreme temperatures and total precipitation in Crimea. *Construction and Industrial Safety*. 2018. No. 12 (64). Pp. 145–155. (In Rus.)]

Экстремальные значения температуры воздуха и морской воды в прибрежной зоне Южного берега Крыма / Куклин А.К., Куклина Н.Я., Шабалина О.А., Майборода С.А. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2012. № 26-1. С. 284–290. [Kuklin A.K., Kuklina N.Ya., Shabalina O.A., Mayboroda S.A. Extreme values of air temperature and sea water in the coastal zone of the Southern coast of Crimea. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*. 2012. No. 26-1. Pp. 284–290. (In Rus.)]

Ergina E.I., Zhuk V.O. Spatiotemporal variability of the climate and dangerous hydrometeorological phenomena on the Crimean peninsula. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2019. Vol. 44. No. 7. Pp. 494–500. DOI: 10.3103/S1068373919070082.

Fedele G., Donatti C.I., Harvey C.A. et al. Transformative adaptation to climate change for sustainable social-ecological systems. *Environmental Science & Policy*. 2019. Vol. 101. Pp. 116–125. DOI: 10.1016/j.envsci.2019.07.001.

Fedorov V.M., Gorbunov R.V., Gorbunova T.Y., Kononova N.K. Long-term air temperature variability on the Crimean peninsula. *Geography and Natural Resources*. 2017. Vol. 38. No. 1. Pp. 86–92. DOI: 10.1134/S1875372817010115.

IPCC, 2014: Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA, 2014.

IPCC, 2018. Global warming of 1.5 °C. IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global green housegas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018. URL: <http://report.ipcc.ch/sr15/>

Kazakov S.I., Metik-Dlyunova V.V., Simonova Y.V. et al. Regional climatic anomalies of air temperature of the Southern Coast of Crimea and their relation with global atmospheric processes. *Proceedings of SPIE – the International Society for Optical Engineering*. 2019. Vol. 11208. 112087K. DOI: 10.1117/12.2540626.

Lemeshko N.A., Evstigneev V.P., Naumova V.A. Air temperature changes on the Azov-black sea coast and the Crimea peninsula. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2014. Vol. 2014. No. 4. Pp. 131–143.

Wang T., Hamann A., Spittlehouse D.L., Carroll C. Locally downscaled and spatially customizable climate data for historical and future periods for North America. 2016. PLoSOne 11: e0156720. DOI: 10.1371/journal.pone.0156720.

Xiaomeng Cui. Climate change and adaptation in agriculture: Evidence from US cropping patterns. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2020. Vol. 101, 102306. DOI: 10.1016/j.jeem.2020.102306.

Статья поступила в редакцию 28.04.2020, принята к публикации 01.06.2020
The article was received on 28.04.2020, accepted for publication 01.06.2020

Сведения об авторах / About the authors

Горбунов Роман Вячеславович – кандидат географических наук; временно исполняющий обязанности директора, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Roman V. Gorbunov – PhD in Geography; acting director, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: karadag_station@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8222-3819>

Горбунова Татьяна Юрьевна – научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Tatiana Yu. Gorbunova – researcher at the Research Center of Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: gorbunovatyu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2155-6502>

Дрыгваль Анна Валерьевна – младший научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Anna V. Drygval – junior researcher at the Research Center of Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: drygval95@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9156-7018>

Табунщик Владимир Александрович – младший научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Vladimiir A. Tabunshchik – junior researcher at the Research Center of Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: tabunshchik@ya.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3555-6087>

Заявленный вклад авторов

Р.В. Горбунов – общая идея и руководство исследованием, сбор и первичная обработка материала, статистическая обработка данных и интерпретация результатов, подготовка текста рукописи, графическое представление результатов, описание результатов и формирование выводов исследования

Т.Ю. Горбунова – сбор и первичная обработка материала, подготовка текста рукописи, описание результатов и формирование выводов исследования

А.В. Дрыгваль – подготовка текста рукописи, описание результатов и формирование выводов исследования

В.А. Табунщик – подготовка текста рукописи, описание результатов и формирование выводов исследования

Contribution of the authors

R.V. Gorbunov – general idea and research management, collection and primary processing of material, statistical processing of data and interpretation of results, preparation of manuscript text, graphical presentation of results, description of results and formation of research conclusions

T.Yu. Gorbunova – collection and primary processing of material, preparation of the text of the manuscript, description of the results and formation of research conclusions

A.V. Drygval – preparation of the manuscript text, description of the results and the formation of research conclusions

V.A. Tabunshchik – preparation of the text of the manuscript, description of the results and the formation of research conclusions

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript