

# ГЕОЭКОЛОГИЯ

## ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕПЛОМ ПЕРИОДЕ ГОДА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Т.И. Сулейманов<sup>1</sup>, С.Г. Сафаров<sup>2</sup>, Р.Г. Рамазанов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальное аэрокосмическое агентство  
С.С. Ахундов ул., 1, Баку, Азербайджанская Республика, AZ1115

<sup>2</sup> Национальная академия авиации  
пр. Мардаканы, 30, Баку, Азербайджанская Республика, AZ1045

<sup>3</sup> Космический исследовательский институт природных ресурсов им. Т.К. Исмаилова  
С.С. Ахундов ул., 1, Баку, Азербайджанская Республика, AZ1115

Проведена оценка пространственно-временных закономерностей распределения жарких экстремумов температуры воздуха в теплый период года на примере северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджанской Республики под влиянием глобальных климатических изменений. Впервые выявлены закономерности временного распределения таких показателей экстремальности температурного режима теплового периода, как индексы летних дней и тропических ночей и тенденций их изменения за многолетний период. Среднее количество дней с летними днями с апреля до июля месяца увеличивается, далее — уменьшается. Наибольшее количество летних дней наблюдались на равнинной части в июле (30,1—30,3 дней), а в горных районах в августе (2,7—12,5 дней). В целом, наибольшее количество летних дней отмечено в Гяндже, наименьшее — в Гей-геле. Климатические условия с тропическими ночами наблюдались только на равнинных районах. Количество дней с тропическими ночами составило: в июне 1,2—4,3 дней, в июле 12,6—21,3 дней, в августе 10,7—14,9 дней, в сентябре 0,7—2,8 дней. В отдельные годы в горных станциях также наблюдались годы с тропическими ночами (в 2001 г. ≈14 дней).

**Ключевые слова:** изменение климата, летние дни, тропические ночи, северо-восточный склон Малого Кавказа

### Введение

Беспрецедентно высокая скорость глобального потепления и изменения климата за последние десятилетия вызывают серьезную обеспокоенность в научных, хозяйственных и политических кругах мира. Многочисленные данные наблюдений показывают, что современное изменение климата является причиной увеличения

числа экстремальных явлений погоды, возрастания неустойчивости атмосферы, увеличения интенсивности волн холода или тепла и повторяемости сильных ветров и связанных с ними опасных атмосферных явлений. Не меньшую опасность представляют сильные и продолжительные дожди, крупный град и гроза.

Экстремальные погодные явления рассматриваются как один из ведущих факторов, которые влияют на жизнь и здоровье населения в различных регионах планеты. Например, по различным оценкам, в летний сезон 2003 г. в Западной и Центральной Европе экстремально жаркая погода явилась причиной смерти от 27 до 40 тыс. человек, а в Париже до 15 тыс. человек, а жаркая августовская погода того же года привела к смерти около 6 тыс. человек в Испании и около 1 300 человек в Лиссабоне [4—10].

Для лучшего понимания механизмов климатических изменений на региональном уровне необходимы более детальные исследования многолетних тенденций климатических характеристик, среди которых температура воздуха и ее экстремумы являются основными индикаторами изменения климата.

### **Постановка задачи**

В настоящее время установлено, что исследования экстремальных явлений погоды и температур аномальных лет и сезонов являются более информативными, чем их средние характеристики для изучения климатических изменений.

Целью данного исследования является оценка пространственно-временных закономерностей распределения жарких экстремумов температуры воздуха в теплый период для северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджанской Республики. Они характеризуют изменчивость и экстремальность регионального климата под влиянием глобальных климатических изменений.

В настоящее время для более детального исследования экстремальных климатических изменений используется большое количество индексов изменения климата [1; 12; 13], которые также являются индикаторами формирования негативных условий среды обитания людей. Эти индексы разработаны в 1999 г. и рекомендованы экспертной группой по обнаружению климатических изменений, мониторингу и индексам при Комиссии по климатологии ВМО [14], Европейской оценкой климата (ECA), и Европейским проектом статистического и динамического регионального уменьшения масштаба экстремумов (STARDEX EC) для исследования экстремальных температур [2; 3].

Можно отметить, что путем вычисления этих индексов для различных физико-географических зон можно выявить как общие тенденции, так и их пространственные различия.

Объектом данного исследования являются временные линейные тренды в рядах сезонных экстремумов приземной температуры воздуха на северо-восточном склоне Малого Кавказа. Используемыми индексами экстремальности климата являются летние дни и тропические ночи, которые соответственно определяются как числа дней с максимальной суточной температурой  $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и числа дней с минимальной суточной температурой  $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Точные определения этих индексов даны в [15] и они могут быть универсальны при оценке поведения экстремумов температур воздуха в любом месте земного шара [11; 12].

Расчеты проведены по суточным данным экстремальных значений температуры воздуха метеорологических станций Гянджа (309 м), Шамкир (165 м), Акстафа (331 м), Кедабек (1480 м), Дашкесан (1615 м) и Гей-гель (1607 м) за период 1971—2009 гг. Были использованы данные за теплый период года, т.е., за апрель—сентябрь.

### Обсуждение полученных результатов

**Летние дни.** На рассматриваемой территории среднее количество дней с летними днями с апреля до июля месяца увеличивается, далее — уменьшается (рис. 1). Значения этих показателей на равнинной части составляет 3,2—3,8 (апрель), 12,3—14,0 (май), 25,3—26,0 (июнь), 30,1—30,3 (июль), 29,4—29,6 (август) и 20,4—20,6 (сентябрь) дней. В горных территориях эти показатели составляли: 0,0—0,5 (апрель), 0,0—1,1 (май), 0,8—4,9 (июнь), 3,1—11,7 (июль), 2,7—12,5 (август) и 0,5—6,6 (сентябрь) дней. Как видно из этих данных, наибольшее количество летних дней наблюдалось на равнинной части в июле (30,1—30,3 дней), а в горных районах в августе (2,7—12,5 дней). В целом наибольшее количество летних дней отмечено в Гяндже, наименьшее — в Гей-геле.

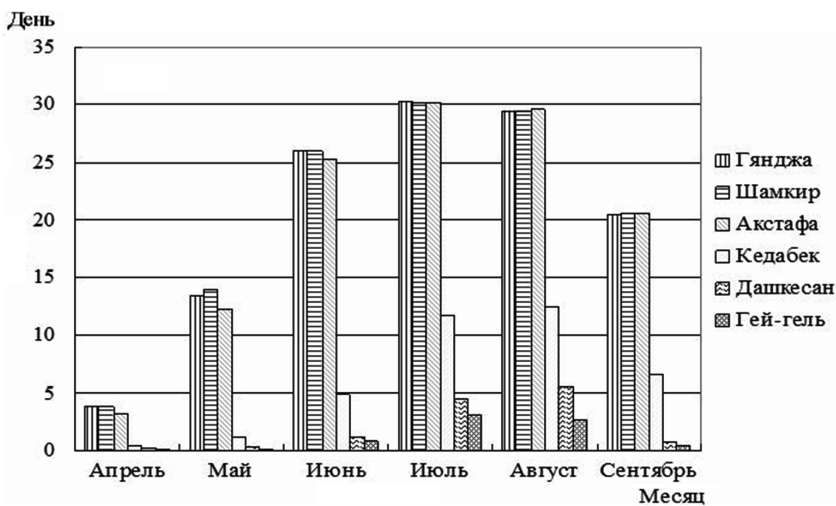


Рис. 1. Среднее число дней с летними днями ( $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) за период 1971—2009 гг. (дни)

Результаты многолетних тенденций изменения количества летних дней приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Кoeffициенты корреляции линейного тренда в рядах числа летних дней ( $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )

Станция	Месяц					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Гянджа	0,05	-0,02	0,35	0,09	0,38	0,21
Шамкир	0,24	0,32	0,55	0,25	0,54	0,41
Акстафа	0,05	0,00	0,24	0,05	0,40	0,23
Кедабек	0,35	0,31	0,48	0,36	0,59	0,54
Дашкесан	0,40	0,55	0,36	0,34	0,73	0,32
Гей-гель	0,32	-0,21	-0,05	-0,33	0,31	-0,12

Оценка многолетних тенденций изменения количества летних дней показали, что за исключением ст. Гей-гель во всех месяцах теплого периода года они повсеместно увеличились. В августе во всех станциях, в апреле, июле и августе в горных станциях, в мае и сентябре в Шамкире, Кедабеке и Дашкесане, в июне в Гяндже, Шамкире, Кедабеке и Дашкесане наблюдаемое увеличение количества дней с летними днями были статистически значимыми, т.е., эти изменения носили закономерный характер (табл. 2). Для примера на рис. 2 приведен график многолетней тенденции изменения числа летних дней по данным ст. Гянджа и Кедабек.

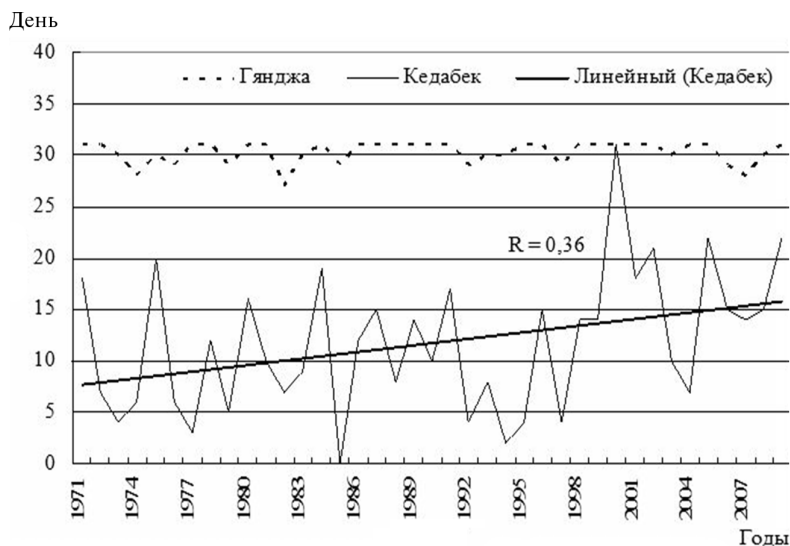


Рис. 2. Многолетняя тенденция изменения числа летних дней в июле по данным ст. Гянджа и Кедабек

Таблица 2

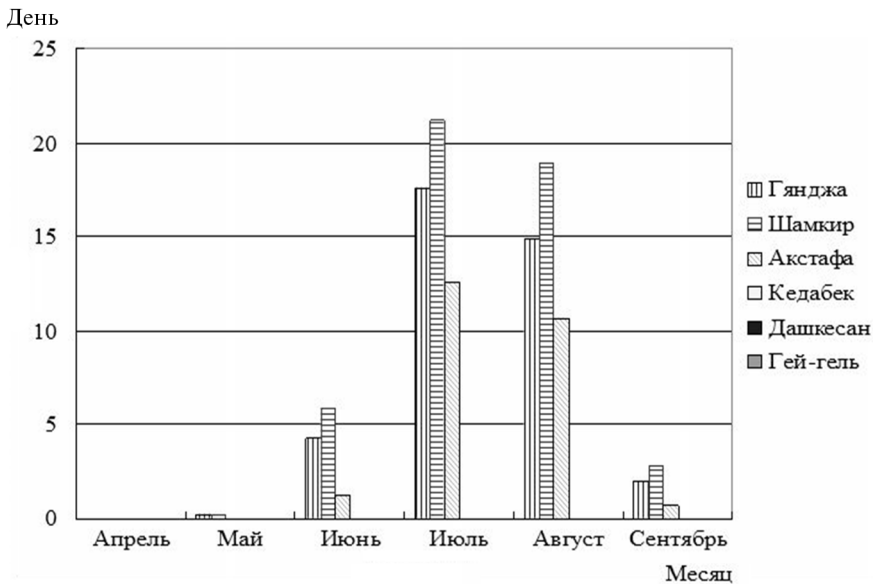
Тенденция изменения числа дней с летними днями ( $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) за период 1971–2009 гг. (день)

Станция	Месяц					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Гянджа	0,8	-0,4	3,9	0,4	2,3	3,9
Шамкир	3,1	5,8	7,0	1,2	4,3	8,6
Актафа	0,8	0,0	2,7	0,4	2,0	4,3
Кедабек	1,6	1,6	7,4	8,2	16,4	9,4
Дашкесан	0,4	0,8	3,1	6,2	16,4	1,2
Гей-гель	0,4	-0,4	-0,4	-4,7	3,9	-0,4

За рассматриваемый период наибольшее увеличение числа дней с летними днями отмечено в Шамкире в мае, июне и сентябре (5,8–8,6 дней), в Кедабеке в июне—сентябре (7,4–16,4 дней) и Дашкесане в июле—августе (6,2–16,4 дней) (см. табл. 2).

**Тропические ночи.** Климатические условия с тропическими ночами наблюдались только на равнинных районах северо-восточного склона Малого Кавказа

(рис. 3). Количество дней с тропическими ночами составило: в июне 1,2—4,3 дней, в июле 12,6—21,3 дней, в августе 10,7—14,9 дней, в сентябре 0,7—2,8 дней. Наибольшее значение этого показателя (21,2 дня) отмечено в июле месяце в Шамкире, а наименьшее значение — 0,7 дней в Акстафе. Наряду с этими в отдельные годы в горных станциях также наблюдались годы с тропическими ночами. Примером может служить количества таких дней на ст. Кедабек в 1991 г. ( $\approx 1$ день), 2000 г. ( $\approx 3$  дня) и 2001 г. ( $\approx 14$  дней).



**Рис. 3.** Среднее число дней с тропическими ночами ( $T_{\min} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в июле месяце за период 1971—2009 гг. (дни)

Оценка многолетних тенденций изменения количества дней с тропическими ночами показали, что на равнинной территории увеличения количества таких дней в августе и сентябре, а также в Гяндже в июне и июле носили закономерный характер (табл. 3). Для примера на рис. 4 приведен график многолетней тенденции изменения числа тропических ночей по данным ст. Гянджа и Кедабек.

Наибольшее увеличение числа дней с тропическими ночами за рассматриваемый период отмечено в августе (10,1—17,6 дней), а наименьшее в сентябре (1,6—5,1 дней) (табл. 4).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции линейного тренда в рядах числа тропических ночей ( $T_{\min} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )**

Станция	Месяц					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Гянджа	0,12	0,21	0,50	0,41	0,66	0,63
Шамкир	0,00	0,22	0,30	0,16	0,59	0,46
Акстафа	0,00	0,25	0,23	0,05	0,45	0,34
Кедабек	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Дашкесан	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Гей-гель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

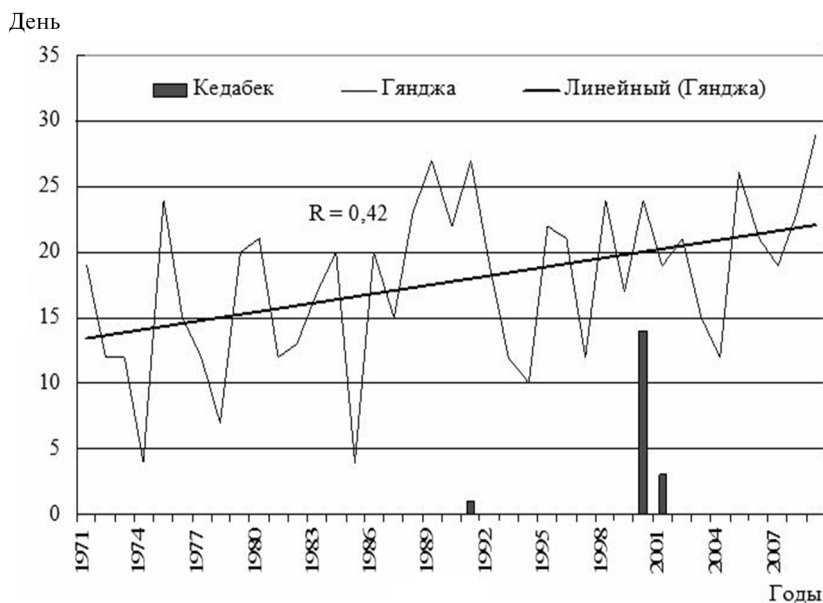


Рис. 4. Многолетняя тенденция изменения числа дней с тропическими ночами по данным ст. Гянджа и Кедабек

Таблица 4

Тенденция изменения числа дней с тропическими ночами ( $T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) за период 1971–2009 гг. (день)

Станция	Месяц					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Гянджа	0,4	0,8	7,4	9,0	17,6	5,1
Шамкир	0,0	0,8	5,1	2,3	11,7	3,9
Акстафа	0,0	0,8	1,2	0,8	10,1	1,6
Кедабек	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дашкесан	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Гей-гель	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## Выводы

В данном исследовании впервые выявлены закономерности пространственно-временного распределения таких показателей экстремальности температурного режима теплого периода, как индексы летних дней и тропических ночей [12; 13] и тенденций их изменения для северо-восточного склона Малого Кавказа за многолетний период. Установлено, что выявленная тенденция изменения температурного режима и жарких экстремальных температур воздуха в теплое полугодие и их скорость связаны с изменениями глобального климата.

Подводя итоги проведенного исследования, можно отметить, что в целом на северо-восточном склоне Малого Кавказа отмечается региональное потепление климата, индикаторами которых являются увеличение количества дней летних дней и тропических ночей. Также можно отметить, что этот процесс носит сложный пространственно-временной характер.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Аверченко А.* Временные закономерности распределения экстремумов температуры воздуха в теплый период года: автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук. Кишинэу, 2013. 19 с.
- [2] *Baldi M.* Climate extremes in Italy: an assessment of current changes in precipitation and temperatures // 12th EMS Annual Meeting & 9th European Conference on Applied Climatology (ECAC). Łódź, Poland, 2012. Vol. 9. P. 206.
- [3] *Ballester J., Douville H., Chauvin F.* Present-day climatology and projected changes of warm and cold days in the CNRM-CM3 global climate model // *Climate Dynamics*. 2009. № 32. P. 35—54. doi: 10.1007/s00382-008-0371-0.
- [4] *Conti S., Meli P., Minelli G.* et al. Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy // *Environmental Research*. 2005. № 98. P. 390—399.
- [5] *Grize L., A. Huss O.* Thommen et al. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland // *Swiss Med. Wkly*. 2005. № 135. P. 200—205. URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter8.pdf>
- [6] *Johnson H., Kovats R.S., McGregor G.R. and et al.*, 2005: The impact of the 2003 heatwave on mortality and hospital admissions in England. *Health Statistics Q.*, 25, 6—12. URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter8.pdf>
- [7] *Kovats R.S., Edwards S.J., Charron D. and et al.* Climate variability and campylobacter infection: an international study // *International Journal of Biometeorology*. 2005. № 49(4). P. 207—214. URL: [ipcc-wg2.gov/AR4/FOD/Ch08\\_FOD.pdf](http://www.ipcc-wg2.gov/AR4/FOD/Ch08_FOD.pdf)
- [8] *Martens P., Huynen M.M.T.E., Schram D. and et al.* The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population // *Environmental Health Perspectives*. 2001. № 109. P. 463—470. [Электронный ресурс] URL: <http://pimmartens.info/wp-content/uploads/2011/01/Huynen-et-al-2013.pdf>
- [9] *Nitschke M., Graeme R. Tucker, Alana L.* Hansen and et al. / Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. 2011. URL: <http://www.ehjournal.net/content/10/1/42>
- [10] *Smoyer K.E.* A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri—1980 and 1995 // *International Journal of Biometeorology*. 1989. № 42(1). P. 44—50. URL: [http://www.lead.org.pk/apn/attachments/reading\\_material/Climate\\_Warming\\_Health\\_Adaptation\\_Finland.pdf](http://www.lead.org.pk/apn/attachments/reading_material/Climate_Warming_Health_Adaptation_Finland.pdf)
- [11] *Vitale D., Rana G., Soldo P.* Trends and Extremes Analysis of Daily Weather Data from a Site in the Capitanata Plain (Southern Italy) // *Italian Journal of Agronomy*. 2010. № 5. P. 133—143.
- [12] *Zhang X. et al.* Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data, In: *WIREs Clim Change*, 2011, nr. 2, p. 851—870, doi: 10.1002/wcc.147.
- [13] URL: [http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list\\_27\\_indices](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices), [shtmlhttp://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php](http://shtmlhttp://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php)
- [14] URL: <http://www.clivar.org/>
- [15] URL: [http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list\\_27\\_indices.shtmlhttp://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices.shtmlhttp://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php)

## ESTIMATION OF SPATIAL-TEMPORAL VARIABILITY OF EXTREME WARM SEASON AIR TEMPERATURE VALUES IN THE NORTH-EAST PART OF LITTLE CAUCASUS (IN THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC)

T.I. Suleymanov<sup>1</sup>, S.H. Safarov<sup>2</sup>, R.H. Ramazanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Aerospace Agency

*S.S. Akhundov str., 1, Baku, Azerbaijan Republic, AZ1115*

<sup>2</sup> National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan Republic

*Mardakani av., 30, Baku, Azerbaijan Republic, AZ1045*

<sup>3</sup> Aeronautical Research Institute of Natural Resources n.a. T.K. Ismailov

*S.S. Akhundov str., 1, Baku, Azerbaijan Republic, AZ1115*

The estimation of spatio-temporal patterns of the distribution of the hot air temperature of the extrema in the warm season using of the north-eastern slope of the Lesser Caucasus within the Republic of Azerbaijan as a case study under the influence of global climate change has been conducted. For the first time the temporal distribution patterns of the indicators of such extreme temperature regimes of warm period, the indices of summer days and tropical nights and their trends over many years have been identified. The average number of days from the summer days from April to July increases, thereafter decreases. The largest number of summer days was observed in plain areas in July (30, 1–30, 3 days), while in mountainous areas in August (2, 7–12, 5 days). In general, the greatest number of summer days was observed in Ganja, the smallest — in the Gay-gel. The climatic conditions of tropical nights were observed only in the lowland areas. The number of days with tropical nights was in June 1, 2–4, 3 days in July 12, 6–21, 3 days 10, 7–14, 9 days in August, in September 0, 7–2, 8 days. In some years, the mountain stations also observed the tropical nights (in 2001 ≈ 14 days).

**Key words:** climate change, summer days, tropical nights, the north-east part of Little Caucasus

### REFERENCES

- [1] Averchenko A. Vremennye zakonomernosti raspredelenija jekstremumov temperatury vozduha v teplej period goda [Kishinjeu Extrema patterns of distribution of air temperature in the warm season]: Avtoref. dis. dok. geogr. nauk. [Author. Dis. Doc. geogr. Sciences]. Chisinau, 2013. 19 p.
- [2] Baldi M. Climate extremes in Italy: an assessment of current changes in precipitation and temperatures. 12th EMS Annual Meeting & 9th European Conference on Applied Climatology (ECAC). Łódź, Poland, 2012. Vol. 9. P. 206.
- [3] Ballester J., Douville H., Chauvin F. Present-day climatology and projected changes of warm and cold days in the CNRM-CM3 global climate model. *Climate Dynamics*, 2009. № 32. P. 35–54. doi: 10.1007/s00382-008-0371-0.
- [4] Conti S., Meli P., Minelli G. et al. Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, 2005. № 98. P. 390–399.
- [5] Grize L., Huss A., Thommen O. et al. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Med. Wkly*. 2005. № 135. P. 200–205. URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter8.pdf>
- [6] Johnson H., Kovats R.S., McGregor G.R. and et al., 2005: The impact of the 2003 heatwave on mortality and hospital admissions in England. *Health Statistics Q.*, 25, 6-12. URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter8.pdf>
- [7] Kovats R.S., S.J. Edwards, D. Charron and et al. Climate variability and campylobacter infection: an international study. *International Journal of Biometeorology*. 2005. № 49(4). P. 207–214. URL: [ipcc-wg2.gov/AR4/FOD/Ch08\\_FOD.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR4/FOD/Ch08_FOD.pdf)



- [8] Martens P., Huynen M.M.T.E., Schram D. and et al. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*. 2001. № 109. P. 463—470. URL: <http://pimmartens.info/wp-content/uploads/2011/01/Huynen-et-al-2013.pdf>
- [9] Nitschke M., Graeme R. Tucker, Alana L. Hansen and et al./ Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. 2011. URL: <http://www.ehjournal.net/content/10/1/42>
- [10] Smoyer K.E. A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri—1980 and 1995. *International Journal of Biometeorology*. 19989. № 42(1). P. 44—50. URL: [http://www.lead.org.pk/apn/attachments/reading\\_material/Climate\\_Warming\\_Health\\_Adaptation\\_Finland.pdf](http://www.lead.org.pk/apn/attachments/reading_material/Climate_Warming_Health_Adaptation_Finland.pdf)
- [11] Vitale D., Rana G., Soldo P. Trends and Extremes Analysis of Daily Weather Data from a Site in the Capitanata Plain (Southern Italy). *Italian Journal of Agronomy*. 2010. № 5. P. 133—143.
- [12] Zhang X. et al. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data, In: *WIREs Clim Change*, 2011, nr. 2, p. 851—870, doi: 10.1002/wcc.147.
- [13] URL: [http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list\\_27\\_indices\\_shtml](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices_shtml)<http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>
- [14] URL: <http://www.clivar.org/>
- [15] URL: [http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list\\_27\\_indices\\_shtml](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices_shtml)<http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>