

## Анализ климатического (по данным наблюдений за 1993—2023 гг.) и микробиоклиматического оздоровительного потенциала города-курорта Кисловодск

Ю. В. Корягина\*, Е. В. Донец\*, Н. В. Ефименко\*,  
Г. Н. Тер-Акопов\*, А. П. Тычинина\*, С. В. Нопин\*,  
А. Н. Попов\*, А. А. Кириленко\*

*Современные климатические изменения и непостоянство состояния окружающей природной среды оказывают значимое влияние на качество жизни и здоровье населения, а также на развитие рекреационно-туристской отрасли в городах-курортах. На основе многолетних наблюдений (1993—2023 гг.) проведен анализ изменения климатических характеристик: температуры в приземном слое атмосферы, суммы осадков и текущих микробиоклиматических параметров города-курорта Кисловодск. Установлено, что за последние 30 лет среднегодовая температура в г. Кисловодск по шкале курортологической значимости характеризуется как благоприятная, а среднегодовая минимальная и максимальная температура — как наиболее благоприятная. Приведены статистические показатели рассматриваемых характеристик и их экстремумы. Микробиоклиматический потенциал центральной части города характеризуется повышенным уровнем естественной аэроанионизации и высокой чистотой приземной атмосферы на участках, не имеющих высокой антропогенной нагрузки.*

**Ключевые слова:** курортный климат, температурный режим, режим осадков, климатическая норма, микробиоклимат, оздоровительный потенциал.

**DOI:** 10.52002/0130-2906-2024-2-131-138

### Введение

В последние десятилетия на Земле наблюдаются заметные климатические изменения: в одних странах — аномальная жара, в других — слишком суровые и снежные зимы, непривычные для этих мест. Изменение климата воздействует на социальные и экологические детерминанты здоровья, такие как чистый воздух, безопасная питьевая вода, достаточное количество продуктов питания и др. [8, 13, 15]. Наибольшему риску для здоровья подвержены дети, беременные женщины и пожилые люди. Болезни и смерти населения от аномально высокой температуры и опасных гидрометеорологических явлений вызывают озабоченность, как с точки зрения здоровья,

\* Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства; e-mail: nauka@skfmba.ru (Корягина Юлия Владиславовна).

так и с точки зрения экономических последствий: изменение климата ставит под угрозу достижение всех целей в области устойчивого развития, в частности, целей в области здравоохранения [16].

Люди во многих регионах мира все чаще болеют и умирают в результате косвенного и прямого воздействия экстремальных гидрометеорологических явлений, которые участились под воздействием климатических изменений. Экстремальные климатические явления отрицательно влияют не только на физическое, но и на психологическое состояние населения, снижают экономическую эффективность, вызывают социальную напряженность и конфликты [11].

Территория России намного более чувствительна к климатическим воздействиям, чем Северное полушарие и земной шар в целом. Размах аномалий среднегодовых значений температуры в Российской Федерации достигает 3—4°C, в то время как для земного шара и суши Северного полушария он лишь немного превосходит 1,0—1,5°C [6]. Тренды температуры изучали многие исследователи за рубежом [13, 14, 16—18] и в России [1—3, 7, 9, 12]. Меньше работ посвящено исследованиям региональных изменений приземной температуры воздуха, которые существенно влияют на все аспекты человеческой деятельности. Значимость этой проблемы для территории Кавказских Минеральных Вод заключается в том, что здесь отмечаются наиболее благоприятные в России условия для санаторно-курортного лечения, медицинской реабилитации, оздоровления и туризма. Кисловодск — самый южный курорт в группе Кавказских Минеральных Вод, благодаря благоприятному биоклимату и обилию лечебных минеральных источников он считается одним из лучших в мире горноклиматических курортов [10]. Дальнейшее изучение его рекреационного комплекса и потенциала является своевременным.

Цель работы — анализ климатического (по данным многолетних метеонаблюдений за 1993—2023 гг.) и микробиоклиматического оздоровительного потенциала города-курорта Кисловодск.

### Материалы и методы исследований

Информационной базой послужили многолетние данные метеорологической станции отдела курортной биоклиматологии, расположенной на территории нижней части Национального парка “Кисловодский” в Кисловодской горной котловине вдоль долины р. Ольховка на склонах Джинальского хребта, гор Крестовая, Тупая (Сосновая), Пикет и Малое Седло (высота 843,5 м над уровнем моря, координаты — 43,892375° с. ш., 42,720273° в. д.). Использованы данные о температуре в приземном слое атмосферы и сумме атмосферных осадков за 30-летний период с 1993 по 2023 г. Значение климатической нормы исследуемой величины определялось как среднее значение за период 1991—2020 гг. (по рекомендациям Всемирной метеорологической организации). Данные временных рядов рассматриваемых метеорологических величин — однородные, на протяжении всего исследуемого времени местоположение станции оставалось постоянным, без изменений в окружающей среде станции (особенно в отношении урбанизации, влияющей на репрезентативность температурных наблюдений).

Первичные данные определяли по единой методике для всех метеостанций: до 1992 г. — 4 раза в сутки (6, 12, 18, 24 ч) по Московскому декретному времени, с 1992 г. — 4 раза в сутки (3, 9, 15, 21 ч) по Всемирному скоординированному времени (ВСВ). Исследования проводили для рядов месячных, сезонных и годовых средних значений температуры и сумм осадков. Ряды были полными, без пропущенных значений. Величины средних значений температуры и сумм осадков, полученные по данным метеостанции, были усреднены. На основе рассчитанных данных были построены графики, на которых отображен ход изменений этих параметров.

Для определения параметров микробиоклимата были проведены маршрутные наблюдения в сентябре 2023 г. на шести площадках центральной части г. Кисловодск: Нарзанные ванны (высота над уровнем моря 809 м; 43,902845 с. ш.; 42,716800 в. д.), Нарзанная галерея (818 м; 43,900113 с. ш.; 42,716780 в. д.), Метеоплощадка (845 м; 43,892375 с. ш.; 42,720273 в. д.), Царская площадка — фонтан у вековых елей (857 м; 43,894827 с. ш.; 42,721698 в. д.), Терренкур № 1 у р. Ольховка (827 м; 43,897901 с. ш.; 42,717612 в. д.), Колоннада (827 м; 43,898671 с. ш.; 42,716725 в. д.).

В программу исследований включены замеры микробиоклиматических параметров: количество легких аэроионов положительного и отрицательного заряда (подвижность  $K > 0,5 \text{ см}^2/(B \cdot c)$ ), количество аэрозольных частиц разного размера (восемь градаций в диапазоне от 0,2 до 10 мкм) в приземной атмосфере (на уровне дыхания — 1,5 м), относительное содержание в воздухе кислорода и углекислого газа.

В работе использованы приборы: метеостанция Davis Vantage PRO2, малогабаритный счетчик аэроионов MAC-01, анализатор аэрозоля САЧМ 4801-01 в мобильном исполнении, люксметр (Light Meter) DT-1309, измеритель качества воздуха ИКВ-8, фитнес-трекер Polar V800.

При анализе данных рассчитывали средние значения, показатели вариационной статистики, уровни надежности, строили линии трендов, для сравнения использован *t*-критерий Стьюдента, обработку проводили с использованием пакетов программ Microsoft Excel и Statistica 13.0.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования выявлено, что в курортной зоне Кисловодска за данный период времени среднегодовая температура закономерно повысилась и начиная с 2012 г. значительно превышала климатическую норму, не опускаясь ниже 8,1°C. Самое высокое значение среднегодовой температуры было зафиксировано в 2010 г., когда превышение нормы составило 1,7°C. Также жаркими были 2015 и 2018 гг., когда среднегодовая температура превысила климатическую норму на 1,1 и 1,2°C соответственно. В этот же период, с 2012 по 2023 г., происходило постепенное повышение температуры примерно на 0,3—0,5°C с периодичностью 5 лет. С 2019 г. по настоящее время на федеральном курорте Кисловодск установилась стабильно высокая для данного региона среднегодовая температура 8,8—9,3°C. На рис. 1б представлен ход среднегодовой температуры воздуха на территории Кисловодска.

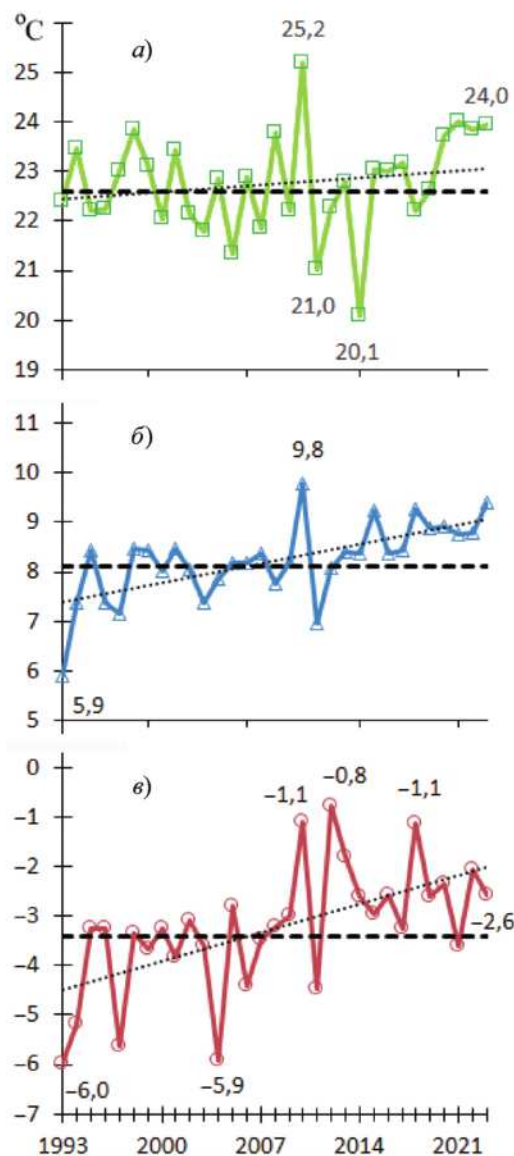


Рис. 1. Изменение среднегодовой максимальной температуры (а), среднегодовой (б) и минимальной (в) температуры в Кисловодске за период 1993—2023 гг.

Штриховая линия — климатическая норма; пунктирная линия — линейный тренд.

Самым холодным был 1993 г., когда среднегодовая температура воздуха была на 2,2°C ниже климатической нормы и составила 5,9°C. За весь период наблюдений значение среднегодовой температуры, равное климатической норме или превышающее ее, имело место в 23 случаях, что подтверждает повышение среднегодовой температуры в г. Кисловодск. Линия тренда показывает стабильно устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха, отчетливо превышающей климатическую норму начиная с 2007 г.

В докладах Росгидромета было отмечено, что для всей территории России 2010 г. был очень теплым — четвертым среди самых теплых в ряду наблюдений с 1936 г.: средняя за год температура на 2,07°C превысила норму. По результатам анализа данных, для зоны Кисловодска 2010 г. также был аномально теплым, когда среднегодовая температура превысила норму на 1,7°C. Наибольшее повышение температуры воздуха отмечалось в холодное время года, при этом значение среднегодовой минимальной температуры превысило норму на 2,8°C, а среднегодовой максимальной температуры — на 2,6°C (рис. 1а, в). Данные примеры иллюстрируют аномальные изменения, связанные с крупномасштабной и глобальной динамикой атмосферы [12].

Согласно данным о линейном тренде среднегодовой минимальной температуры можно отметить начало повышения данного показателя уже с 2002 г. (рис. 1в). Наибольшая минимальная температура была зафиксирована в 2010 и 2018 гг. и составляла -1,1°C, но пик повышения до -0,8°C пришелся на 2012 г. По показателям с наименьшей температурой можно выделить два периода: самый большой минимум за исследуемый период

был зафиксирован в 1993 и 2004 гг. ( $-6,0$  и  $-5,9^{\circ}\text{C}$  соответственно), а также в 2006 и 2011 гг., когда температура воздуха не опускалась ниже  $-4,5^{\circ}\text{C}$ .

Также следует выделить период с 2009 по 2012 г. с аномально резкими перепадами температуры, когда значения стремительно переходили от максимального к минимальному и обратно (рис. 1в). Это экстремальное явление — следствие изменения климата, называется оно климатическим экстремумом (достижение метеорологической или климатической переменной значения, которое выше (ниже) порога, близкого к верхнему (нижнему) диапазону наблюдаемых значений переменной) [5].

Факт увеличения экстремальности климата подтвержден в ряде работ [2, 7], где отмечается уменьшение числа дней с экстремально низкой температурой воздуха, преобладающей на большей части страны во все сезоны года, и увеличение числа дней с аномально высокой температурой.

Анализ многолетних данных показал, что средние максимальные значения температуры в Кисловодске находятся в пределах от  $20$  до  $25^{\circ}\text{C}$ . Максимум наблюдался в 2010 г., когда температура поднималась выше  $25^{\circ}\text{C}$ , а превышение нормы составило  $2,4^{\circ}\text{C}$ . Наименьший максимум был зафиксирован в 2014 г., когда максимальная средняя температура воздуха была на  $2,7^{\circ}\text{C}$  ниже климатической нормы и составила  $20,1^{\circ}\text{C}$  (рис. 1а).

Исследование изменения режима осадков показало, что его динамика не столь очевидна, как изменение температурного режима. По результатам анализа среднегодовых сумм осадков (рис. 2) получено, что в 18 случаях из 29 годовое количество осадков превышало климатическую норму ( $689,6$  мм). Наибольшее количество осадков ( $1020,4$  мм) отмечалось в 2002 г., наименьшее ( $433,8$  мм) — в 1994 г.

Изменение режима осадков неравномерно: среднегодовые суммы осадков в 14 случаях были меньше нормы и в 15 случаях — больше нее. Линия тренда свидетельствует о стабильности годовых сумм осадков на протяжении всего периода наблюдений.

За исследованный период наименьшая сумма осадков наблюдалась в 1994 г. ( $433,8$  мм), что меньше нормы в 1,5 раза, и в 2022 г. ( $503,5$  мм) — меньше нормы в 1,3 раза. Максимум осадков зафиксирован в 2002 г. ( $1020,4$  мм) и 2013 г. ( $966,9$  мм), что превышает норму более чем

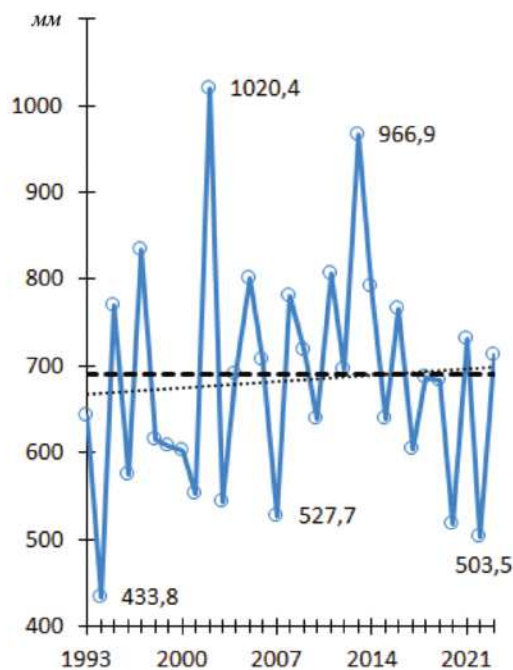


Рис. 2. Изменение годовых сумм осадков в Кисловодске за период 1993—2023 гг.

Штриховая линия — климатическая норма; пунктирная линия — линейный тренд.

**Показатели вариационной статистики температуры и осадков  
на метеорологической станции в Кисловодске за 1993—2023 гг.**

| Показатель            | $T_{\min}, ^\circ\text{C}$ | $T_{\max}, ^\circ\text{C}$ | $T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$ | Осадки, мм                |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| $X +$                 | $-3,23 \pm 0,23$<br>1,29   | $22,75 \pm 0,18$<br>1,01   | $8,23 \pm 0,14$<br>0,76         | $681,7 \pm 24,2$<br>132,3 |
| Минимум               | -5,97 (1993 г.)            | 20,1 (2014 г.)             | 5,9 (1993 г.)                   | 433,8 (1994 г.)           |
| Максимум              | -0,8 (2012 г.)             | 25,2 (2010 г.)             | 9,8 (2010 г.)                   | 1020,4 (2002 г.)          |
| Размах                | 5,17                       | 5,12                       | 3,9                             | 586                       |
| Асимметрия            | -0,38                      | -0,23                      | -0,85                           | 0,57                      |
| Экспесс               | 0,21                       | 1,00                       | 1,92                            | 0,54                      |
| Норма (1991—2020 гг.) | -4,44                      | 22,6                       | 8,1                             | 689,6                     |
| Экстремумы            | -5,97                      | 25,2                       | 9,8                             | 1020                      |
| $P$                   | < 0,05                     | —                          | —                               | —                         |

*Примечание.*  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\text{ср}}$  — соответственно среднегодовая минимальная, максимальная и среднегодовая температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $X +$  — среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка средней; — среднее квадратическое отклонение;  $P$  — вероятность относительно климатической нормы.

в 1,5 раза. Среднее значение суммы осадков — 681,7 мм — немного больше климатической нормы (654 мм), но оставалось в границах статистического равенства. Коэффициент асимметрии меньше единицы и положителен, т. е. имеется небольшое превышение количества лет со значениями выше среднего (см. таблицу, где приведены статистические показатели рассматриваемых метеорологических величин).

Согласно полученным данным, за период 1993—2023 гг. среднее значение температуры ( $8,23^\circ\text{C}$ ) немного превышало климатическую норму, что может свидетельствовать о тенденции к потеплению в предгорной зоне территории Кавказских Минеральных Вод, как и в предгорных зонах других регионов [4].

Характеризуя параметры среднегодовой температуры по шкале курортологической значимости модулей биоклимата курортов и лечебно-оздоровительных местностей для целей климатоландшафтотерапии [10], можно отметить, что среднегодовая температура  $8,23 \pm 0,14^\circ\text{C}$  является благоприятной, среднегодовая минимальная температура  $-3,23 \pm 0,23^\circ\text{C}$  и среднегодовая максимальная температура  $22,75 \pm 0,18^\circ\text{C}$  являются особо благоприятными.

Согласно маршрутным наблюдениям, к числу важнейших оздоровительных функций микроклимата территории центра г. Кисловодск следует отнести высокий уровень аэроионизации приземной атмосферы ( $1075,0 \pm 124,3$  ион/см<sup>3</sup>) при значении коэффициента униполярности (КУИ)  $124,3/1,3 \pm 0,2$ .

Определены оптимальные величины относительного содержания кислорода и углекислого газа в воздухе. Относительное содержание кислорода в воздухе составило  $20,71 \pm 0,06\%$  (норма — 20,75%), углекислого газа —  $409,67 \pm 2,13$  млн<sup>-1</sup>, или 0,04% (относительно допустимой нормы до 450 млн<sup>-1</sup>).

Не менее важным показателем чистоты воздуха центральной части Кисловодска считается показатель суммарного количества аэрозольных частиц приземного слоя атмосферы в диапазоне от 0,2 до 10 мкм. Среднее значение данного показателя в разных частях парка составило



$50643 \pm 963,4$  частиц/л. Уровень биологически значимого аэрозоля приземного слоя атмосферы в диапазоне частиц от 0,5 до 1 мкм в среднем составил  $3118,8 \pm 67,7$  частиц/л (норма — до 3000 частиц/л). Превышение нормативных показателей вызвано повышенным содержанием аэрозоля на отдельных участках с большой антропогенной нагрузкой (увеличение числа отдыхающих) при входе в Нарзанные ванны ( $3424,3$  частиц/л) и в Нарзанную галерею ( $3174,8$  частиц/л). Наиболее чистый воздух в центре города был отмечен в районе Колоннады ( $2775,5$  частиц/л).

### Выводы

За последние 30 лет среднегодовая температура в Кисловодске по шкале курортологической значимости характеризуется как благоприятная, а среднегодовая минимальная и максимальная температура — как наиболее благоприятная. За весь исследуемый период отмечено три экстремальных значения среднегодовой температуры и сумм осадков. Выявлено превышение климатической нормы для минимальной среднегодовой температуры и несущественные тенденции повышения для максимальной и среднегодовой температуры.

Формируемый под воздействием основных климатообразующих факторов микробиоклиматический потенциал центральной части федерального курорта Кисловодск характеризуется мягким термическим режимом, высокой чистотой приземной атмосферы на участках, не имеющих высокой антропогенной нагрузки, повышенным уровнем естественной аэроанионизации, длительным периодом с благоприятными условиями для пребывания на свежем воздухе.

Тенденции к повышению температуры в приземном слое атмосферы на территории Кисловодска за последние десятилетия и к усилению интенсивности экстремальных осадков могут увеличивать риск возникновения экстремальных явлений погоды. Это обстоятельство важно учитывать при оздоровительном отдыхе, а также при реализации мероприятий по адаптации к изменениям климата и профилактике экзозависимых заболеваний для сохранения здоровья населения. Несомненно необходимы дальнейшие исследования, учитывающие климато-погодные и микробиоклиматические особенности, с целью количественной оценки выраженности эффекта данных факторов в отношении здоровья населения в зависимости от их сочетания и интенсивности.

### Литература

1. Бабина Е. Д., Семенов В. А. Внутримесячная изменчивость среднесуточной приземной температуры воздуха на территории России в период 1970—2015 гг. — Метеорология и гидрология, 2019, № 8, с. 21—33.
2. Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н. и др. Изменчивость экстремальных климатических явлений на территории России. — Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2000, № 187, с. 16—31.
3. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на европейской территории РФ. — Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2011, т. 47, № 6, с. 717—721.

4. 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.
5. Карнацевич И. В., Тургамбекова Ж. А. Экстремальные температуры воздуха в России и сопредельных странах. Справочник. — Омск, Изд-во Омского гос. педагогического ун-та, 2013.
6. Клименко В. В., Мацковский В. В., Дальманн Д. В. Комплексная реконструкция температуры российской Арктики за последние два тысячелетия. — Арктика: экология и экономика, 2013, № 4, с. 84—95.
7. Коршунова Н. Н., Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Давлетшин С. Г. Оценки экстремальности температурного режима и режима осадков для территории РФ и ее регионов. — Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2018, № 183, с. 20—30.
8. Кузнецова В. П. Изменение климата, влияние на окружающую среду и здоровье населения, реализация профилактических программ в Европе. /В сб.: Межкультурный диалог и сотрудничество ЕС и России: опыт реализации проектов Жан Монне в Нижневарттовском государственном университете: Материалы международной научно-практической конференции. — 2019, с. 53—59.
9. Мохов И. И. Российские климатические исследования в 2011—2014 гг. — Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2017, т. 53, № 5, с. 624—640.
10. Поволоцкая Н. П., Ефименко Н. В., Жерлицина Л. И. и др. Методологические подходы к оценке курортно-рекреационного потенциала биоклимата и ландшафта. — Курортная медицина, 2017, № 1, с. 2—10.
11. Постникова В. В., Погоньшева И. А., Сторчак Т. В. Исследования, проведенные в Европейском регионе Всемирной организации здравоохранения, связанные с влиянием тяжелых металлов на организм человека. /В сб.: Окружающая среда и здоровье человека: опыт стран Евросоюза: Материалы научно-практического семинара. — 2018, с. 33—40.
12. Семенов В. А. Глобальное потепление и аномальная погода начала XXI века. /В сб.: Международная конференция молодых ученых “Изменения климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз, адаптация”, 14—20 сентября 2014 г., Кисловодск. — М., ГЕОС, 2014.
13. Brubaker M., Berner J., Chavan R., and Warren J. Climate change and health effects in Northwestern Alaska. — Global Health Action, 2011, vol. 4.
14. Jones P. D., Jonsson T., and Wheeler D. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations. — Int. J. Climatol., 1997, vol. 17, pp. 1433—1450.
15. Lafferty K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. — Ecology, 2009, vol. 90, No. 4, pp. 888—900.
16. Ricciardi W., Marcheggiani S., Puccinelli C., et al. Focus health and climate change: Science calls for global action. — Annali dell’Istituto superiore di sanita, 2020, vol. 55, No. 4, pp. 323—329.
17. Semenov V. A., Latif M., Jungclaus J. H., and Park W. Is the observed NAO variability during the instrumental record unusual? — Geophys. Res. Lett., 2008, vol. 35, p. L11701.
18. Wallace J. M., Zhang J., and Bajuk L. Interpretation of interdecadal trends in Northern Hemisphere surface air temperature. — J. Climate, 1996, vol. 9, No. 2, pp. 249—259.