

значения концентраций сульфатов в атмосферных осадках, и на восточную часть, характеризующуюся низкими концентрациями сульфатов по причине переноса осадков с морской части на континентальную.

На основе полученных поверхностей с помощью модуля «ValueTool», который отображает значения выбранного растрового слоя в текущей позиции, были сняты значения концентраций серы в осадках на метеостанциях.

Результаты сравнения трех методов пространственной интерполяции показывают, что при недостаточном количестве пунктов наблюдения за химическим составом осадков наиболее правдоподобную поверхность может смоделировать сплайновая интерполяция (рис.2).

Метод обратных взвешенных расстояний в сравнении со сплайном строит поверхность для всей территории Приморского края, однако из-за малого количества пунктов наблюдений, данный вид интерполяции показывает некорректные результаты (расхождение со сплайновым методом достигает в среднем 25%).

Библиографический список

1. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие / А.Н. Шихов, Е.С. Черепанова, С.В. Пьянков. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 88 с.: ил.
2. Краткое введение в ГИС. Часть 10: Пространственный анализ растровых данных: интерполяция [электронный ресурс] – URL: <https://wiki.gis-lab.info/>.

УДК 502/504:556.18

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ПРИМЕРЕ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ МЕТЕОСТАНЦИИ КРАСНОДАРА

Велиев Ильяс Гасанович, аспирант кафедры Метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ильинич Виталий Витальевич, профессор кафедры Метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Кавалли Алессандро Брунович, аспирант кафедры Метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Исследование посвящено проверке гипотезы о региональном потеплении климата на основе анализа многолетних данных о температуре воздуха сетевой метеостанции.

Ключевые слова: изменение климата, температура воздуха, критерии однородности.

Последние десятилетия постоянно обсуждается вопрос об изменении климата и, в частности о повышении температуры воздуха, чтобы проверить её необходимо иметь длительные наблюдения на сетевой метеостанции и соответствующие инструменты для её проверки.

Целью работы являлось апробирование подхода к проверке основной гипотезы об увеличении температурных характеристик за многолетний период на региональном уровне. Для этого решались следующие задачи:

- определение традиционных линейных трендов температуры воздуха по длительным рядам наблюдений;
- выделение характерных периодов тенденций изменения температур воздуха относительно средней многолетней величины;
- оценка однородности ряда наблюдений относительно температур воздуха за выделенные периоды.

Основная гипотеза проверяется по длительным наблюдениям метеостанции Круглик, расположенной в черте города Краснодар. Эта метеостанция также достаточно объективно отражает температурные условия воздуха относительно рядом расположенных рисовых чеков, на которых испарение и транспирация и, в целом степень их водопотребления из Краснодарского водохранилища зависит от температуры воздуха. Вегетационным сезоном для риса установлен период с 1 апреля до 30 сентября.

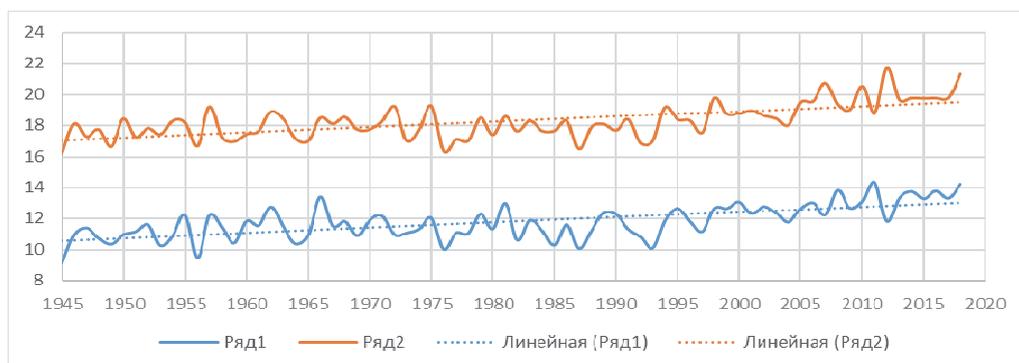


Рис.1. Хронологические графики многолетнего режима изменений температур воздуха по годовым и сезонным значениям

Соответственно по данным наблюдений были составлены 2 статистических ряда средних годовых температур воздуха и его средних температур вегетационных сезонов. На рисунке 1 представлены их хронологические графики, на которых видны их линейные тренды, свидетельствующие о повышении рассмотренных температурных характеристик. Для выделения наиболее различных периодов изменений температурных характеристик относительно их среднемноголетней

величины использовалась разностная интегральная кривая температур, у которой ординаты (R_i) вычислялись по формуле

$$R_i = \sum_i (T_i - T_{cp}) \quad (1)$$

где: i – номер года в хронологическом порядке;

T_{cp} – средняя многолетняя величина за весь срок наблюдений.

На рисунке 2 представлены такие кривые для годовых величин температур воздуха и их сезонных величин с апреля по сентябрь.

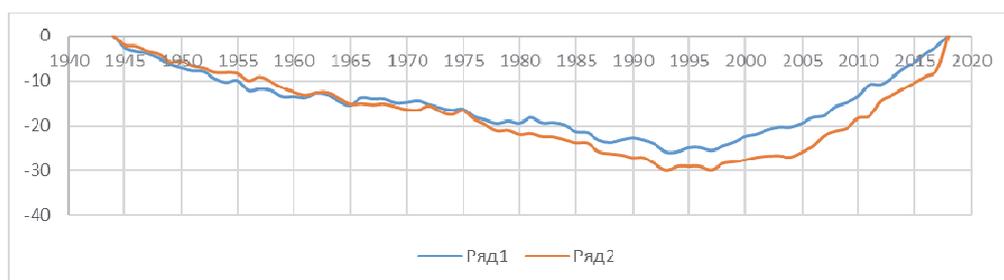


Рис. 2. Разностные интегральные кривые средних годовых температур воздуха и его средних температур за вегетационный период

Представленные кривые по своей сути отражают накапливающиеся разности между текущими годовыми температурами и их средней величиной и тем самым: если в рассмотренном периоде - наклон кривой отрицателен, то в этот период температура была ниже средней многолетней, и мы можем говорить, что период был холодный, и наоборот. Из рисунка 2 очевидно, что после 1992 года были почти всегда только «тёплые» годы и практически весь период 1992 по 2018 годы это тёплый период. Поэтому для оценки однородности всего ряда наблюдений за температурой воздуха по традиционным критериям Стьюдента (t) и Фишера (F) весь ряд предварительно был разбит на следующие периоды: 1) 1945-1992 годы; 2) 1993-2018 годы. Предварительно для всего ряда и каждого выделенного ряда используя традиционный метод моментов были вычислены основные статистические параметры: среднее значение, дисперсия (D) и среднеквадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (C_v); их численные результаты представлены в таблице (перед дробью годовые значения, после – для вегетационного сезона).

Таблица

Основные статистические параметры

Ряды наблюдений	среднее	D	σ	C_v
Весь ряд	11,8/18,3	1,26/1,28	1,12/1,13	0,095/0,062
1) 1945-1992 годы	11,3/17,8	0,73/0,54	0,86/0,74	0,076/0,042
2) 1993-2018 годы	12,7/19,3	0,091/1,04	0,96/1,05	0,75/0,054

Критерий Фишера (F) определялся отношением:

$$D/D^* \quad (2)$$

где: D - дисперсия ряда, у которого дисперсия является большей величиной;

D^* - дисперсия ряда, у которого дисперсия является меньшей величиной.

Численные значения F оказались равными: для годовых температур $F_{\text{год}} = 1,32$; для температур вегетационного сезона риса $F_{\text{сез}} = 1,94$. Для степеней свободы $v_1 = n_1 - 1 = 47$ и $v_2 = n_2 - 1 = 25$ табличное критическое значение $t_{\alpha} = 1,76$ [1] при традиционно принятой характеристике уровня значимости $\alpha = 0,05$. Таким образом, гипотеза об однородности ряда годовых температур не отвергается, однако относительно температур вегетационного сезона не поддерживается.

Статистика критерия Стьюдента t рассчитывалась по формуле:

$$t = \frac{\bar{T}_1 - \bar{T}_2}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} * \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}}, \quad (3)$$

где: \bar{T}_1 и \bar{T}_2 - средние значения суточных максимумов по данным наблюдений соответственно за n_1 и n_2 лет;

σ_1 и σ_2 - среднеквадратические отклонения значений сравниваемых рядов. Распределение статистики t зависит от числа степеней свободы $\gamma = n_1 + n_2 - 2$, в данном случае $\gamma = 72$.

Критическое значение $t_{\alpha} = 2,00$ при той же характеристике уровня значимости $\alpha = 0,05$. Значения t по модулю равны: для годовых значений $t_{\text{год}} = 6,37$ и для вегетационного сезона $t_{\text{сезон}} = 4,12$, что значительно больше критического. То есть гипотеза однородности рядов по этому критерию не поддерживается.

В целом, можно заключить, что ряды температур за год и за вегетационный сезон не однородны из-за повышения температур в период с 1993 по 2018 годы. Подход разделения рядов с помощью разностной интегральной кривой для оценки их однородности можно считать эффективным и объективным.

Библиографический список

1. Dmowska, R. Statistical methods in the Atmospheric Sciences/ Ed.R. Dmowska, D. Hartman, H.T. Rossby // Inter. Geoph. Series.-Vol.1-Oxford, 2011.- OX51GB,UK-P.668.