

УДК: 551.5+004.67

DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-511-520

Т.Н. Осипова<sup>1</sup>, Е.П. Самойлова<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ВЗВЕШЕННЫХ УГЛОВЫХ РАССТОЯНИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

### АННОТАЦИЯ

В данной работе проведена оценка точности пространственной интерполяции среднемесячной температуры воздуха января и июля методом взвешенных угловых расстояний (ADW). Оценка проведена для двух районов, расположенных на территории Дальневосточного федерального округа. Первый район расположен в пределах Центральнойкутской равнины, Приленского плато и северных склонов Алданского нагорья, отметки абсолютных высот в пределах района не превышают 500 м. Второй район расположен в Забайкалье. Рельеф района представлен плоскогорьями и сильно расчлененными хребтами с высотой более 2 500 м. В обоих районах метеорологические станции распределены по территории неравномерно. Картографирование производилось с помощью свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS. В качестве первичной метеорологической информации использованы данные наблюдений 497 метеорологических станций. Анализ ошибок, проведенный для 74 станций, показал, что точность интерполяции зависит от количества станций, расположенных на территории, и от характера рельефа. При достаточном количестве станций в горных районах фактические и полученные в результате интерполяции температуры хорошо согласуются даже в зимний период. Однако если исключить при интерполяции данные станций, расположенных на участках с большими относительными высотами, то точность интерполяции резко снижается из-за недоучета особенностей пространственной корреляции температуры между станциями. В методе ADW при расчете весов учитываются угловое расстояние и расстояние затухания корреляции между температурой на станциях. Оба параметра рассчитываются с учетом широты, но анизотропия поля температуры при этом учтена частично. Поскольку анизотропия полей гидрометеорологических характеристик зависит от характера рельефа и от сезона, то и ошибки восстановления полей будут различаться. Таким образом, при применении метода ADW необходимо дополнительно уточнять характер изменения расстояния затухания корреляции для конкретного региона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ГИС, карты температуры воздуха, метод взвешенных угловых расстояний, Дальневосточный федеральный округ

---

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-я линия Васильевского острова, д. 31-33, Санкт-Петербург, Россия, 199178,  
*e-mail:* [t.osipova@spbu.ru](mailto:t.osipova@spbu.ru)

<sup>2</sup> Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, ул. Карбышева, д. 7, Санкт-Петербург, Россия, 194021,  
*e-mail:* [e.samoylova@spbu.ru](mailto:e.samoylova@spbu.ru)

Tatiana N. Osipova<sup>1</sup>, Elizaveta P. Samoylova<sup>2</sup>

## EVALUATION OF THE ADW INTERPOLATION FOR THE AVERAGE MONTHLY AIR TEMPERATURE

### ABSTRACT

Article describes the quality analysis of climate maps for the Far Eastern Federal District. Observed station data from 497 meteorological stations are used as meteorological information. Monthly air temperature maps in January and July for two regions are obtained by angular distance weighting interpolation (ADW). The first region is located within the Central Yakut Plain, the Prilenskoe Plateau and the northern slopes of the Aldan Highlands, the absolute heights within the region do not exceed 500 m. The second region is located in Transbaikalia. The relief of the region is represented by plateaus and strongly dissected ridges with a height of more than 2 500 m. Meteorological stations are unevenly distributed over the territory in both regions. Mapping was performed using the free cross-platform geographic information system QGIS. The analysis of the errors carried out for 74 stations, showed that the accuracy of interpolation depends on the number of stations located on the territory and on the land forms. The quality analysis showed that the errors for the winter periods are larger than in the summer period. However, if the data of stations located in areas with high relative elevations are excluded, then the interpolation accuracy decreases sharply due to the underestimation of the features of the spatial temperature correlation between stations. The ADW method requires an understanding of the spatial correlation structure of the station data. The spatial relationships between stations can vary with season. Since the anisotropy of the fields of hydrometeorological characteristics depends on the nature of the relief of the territory and on the season, the errors in the reconstruction of the fields will also differ. The regional variations of the correlation decay distance (CDD) should be taken into account.

**KEYWORDS:** GIS, temperature maps, distance weighting interpolation (ADW), Far Eastern Federal District

### ВВЕДЕНИЕ

По данным Третьего оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации в течение 1976–2020 гг. продолжало наблюдаться повышение температуры воздуха. На региональном уровне потепление отмечается во всех физико-географических районах и федеральных округах. Так, на всей территории Дальневосточного федерального округа температура повышается и в теплый, и в холодный сезоны. В период с 1960 по 2020 гг. средняя годовая температура воздуха во Владивостоке возросла примерно на 2 °С, в Анадыре — на 3 °С, а в Якутске — на 4 °С<sup>3</sup>. По данным того же доклада к середине XXI в. температура воздуха летнего сезона на территории округа может повыситься на 1–3 °С, а зимнего сезона — на 3–7 °С. Такое неравномерное изменение температуры обусловлено большой протяженностью территории округа в меридиональном и широтном направлениях, неоднородностью рельефа и сложным сочетанием климатообразующих факторов. На фоне роста температуры также наблюдается

---

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, Institute for Earth Sciences, 31-33, 10th line of Vasilyevsky Island, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: [t.osipova@spbu.ru](mailto:t.osipova@spbu.ru)

<sup>2</sup> Voeikov Main Geophysical Observatory, 7, Karbysheva str., St. Petersburg, 194021, Russia, *e-mail*: [e.samoylova@spbu.ru](mailto:e.samoylova@spbu.ru)

<sup>3</sup> Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет. СПб: Научно-технологические, 2022. 676 с.

ее значительная межгодовая изменчивость, вызванная циркуляционными и радиационными факторами [Ипполитов и др., 2012].

Поскольку климатические факторы оказывают значительное воздействие на отрасли экономики, необходим учет характера климатических изменений на территории регионов для разработки плана адаптационных мероприятий. При переходе на уровень федерального округа формирование и реализация адаптационных мер требуют значительной корректировки с учетом климатических условий. Стержнем адаптационной стратегии для отраслей технической сферы является актуализация соответствующих нормативных документов по проектированию, строительству и эксплуатации инфраструктурных объектов (СП, ГОСТ и др.), которые включали бы информацию о наблюдаемых и ожидаемых в будущем климатических изменениях [Школьник и др., 2022]. Специализированная информация и продукция для климатологического обслуживания хозяйственной деятельности постоянно пересматривается с учетом изменений климатических параметров. В технической документации климатические параметры представляют в виде таблиц и схематических карт. Несмотря на большое количество различных методик, применяемых в ГИС-технологиях, вопрос о точности геоинформационного картографирования отдельных метеоэлементов остается актуальным. Изолинейные карты дают наглядное представление об основных пространственных закономерностях характеристик, однако реальное пространственное распределение величин может отличаться от изображения. Точность картографирования зависит от таких факторов, как точность исходных данных, характер рельефа территории, количество и взаимное расположение пунктов наблюдений. Влияние этих факторов особенно усиливается в горных районах [Тебурев и др., 2017]. Выбор метода пространственной интерполяции во многом определяет точность результатов, в независимости от выбора программного пакета [Новикова и др., 2016; Крюкова, Симакина, 2018].

Целью данной работы является оценка точности пространственной интерполяции методом взвешенных угловых расстояний среднемесячной температуры воздуха на территории Дальневосточного федерального округа.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В качестве первичной метеорологической информации использованы данные наблюдений 497 метеорологических станций, расположенных на территории Дальневосточного федерального округа, предоставленных Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Эти данные являются результатами стандартных наблюдений на метеостанциях в период с 1966 по 2021 гг. В работе использованы следующие климатические показатели: средняя месячная температура воздуха в январе, средняя месячная температура в июле. В итоге была создана база данных климатических параметров для каждой метеостанции.

Картографирование производилось с помощью свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS. Основой для разработки картографического материала послужила электронная карта Дальневосточного федерального округа (ДФО) м-ба 1: 100 000 в проекции Меркатора. Данная проекция была выбрана с помощью инструмента Projection Wizard. На основу был наложен точечный векторный слой месторасположения метеостанций. В атрибутивную таблицу данного слоя вносился номер метеостанции, соответствующий номеру в исходной таблице, которая была составлена в MS Excel, и данные рассчитанных значений климатических параметров. После этого происходило преобразование и импорт атрибутивных данных, т. е. привязка созданной таблицы к слою в GIS. Таким образом был получен слой с атрибутивной таблицей, содержащей название

метеостанции и рассчитанные значения климатических параметров. Также для наглядности была создана маска ДФО.

По каждому из климатических полей создавались слои путем интерполяции в растр методом взвешенных угловых расстояний (Angular Distance Weighting Interpolation (ADW)) по неравномерно распределенным точкам с помощью SAGA GIS. Следующим шагом было создание изотерм путем преобразования фигуры в линию. ADW-метод позволяет интерполировать среднемесячные значения температуры воздуха для территорий с неравномерным размещением станций, при этом точность интерполяции сравнима с точностью альтернативных методов [Hulme et al., 2000; Caesar et al., 2006].

Для оценки точности интерполяции на территории Дальневосточного федерального округа были выделены два района (рис. 1). Первый район расположен в пределах Центральнойкутской равнины, Приленского плато и северных склонов Алданского нагорья, отметки абсолютных высот в пределах района не превышают 500 м. Второй район расположен в Забайкалье. Рельеф района представлен плоскогорьями и сильно расчлененными хребтами с высотой более 2 500 м. В обоих районах метеорологические станции распределены по территории неравномерно.

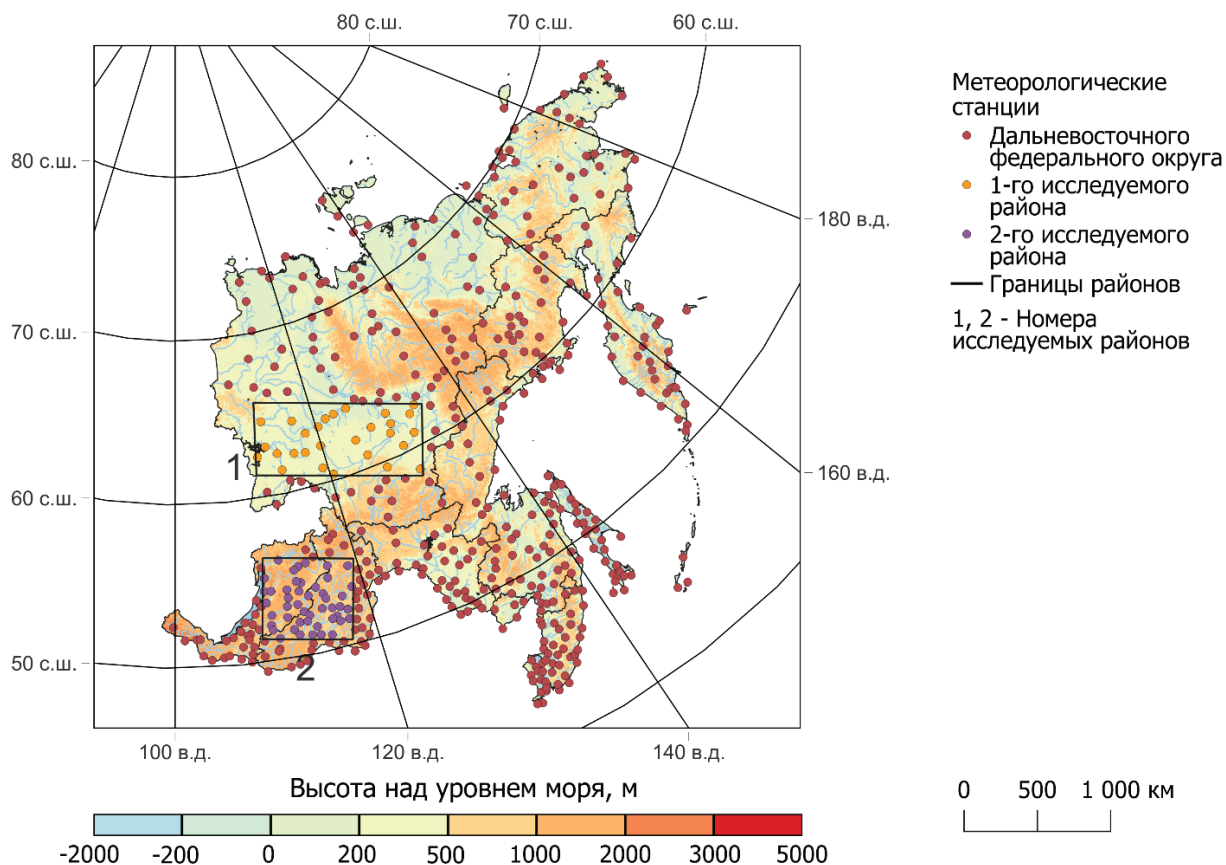


Рис. 1. Районы исследования  
Fig. 1. Study areas

Для 27-ми станций 1-го района и для 47-ми станций 2-го района были рассчитаны невязки  $\Delta X_i$  (1):

$$\Delta X_i = X_i - X_i^* \quad (1),$$

где  $X_i$  — значение температуры воздуха на  $i$ -той станции, полученное в результате обработки результатов стандартных метеорологических наблюдений,  
 $X_i^*$  — значение температуры, полученное в результате интерполяции на той же станции, т. е. значение, лежащее между двумя соседними изотермами.

Затем последовательно из массива данных исключалась каждая станция, и полученные в результате интерполяции значения температуры для этой станции сравнивались с измеренными значениями. Невязка  $\Delta x_i$  рассчитывалась по формуле (2):

$$\Delta x_i = X_i - x_i^* \quad (2),$$

где  $X_i$  — измеренное значение температуры воздуха на  $i$ -той станции, полученное в результате обработки результатов стандартных метеорологических наблюдений,  
 $x_i^*$  — значение температуры, полученное в результате интерполяции после исключения  $i$ -той станции из массива.

Для сравнения результатов была вычислена относительная ошибка  $\delta$  (3) по данным каждой станции [Крюкова, Симакина, 2018]:

$$\delta = (\Delta x_i / X_i) * 100 \% \quad (3),$$

где  $\delta$  — относительная ошибка,  
 $\Delta x_i$  — невязка (2),  
 $X_i$  — измеренное значение температуры воздуха на  $i$ -той станции.  
Для расчета ошибки среднемесячной температуры была использована формула (4):

$$\sigma_x = \sigma / \sqrt{(n-1)} \quad (4),$$

где  $\sigma_x$  — ошибки среднемесячной температуры,  
 $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение среднемесячной температуры воздуха,  
 $n$  — число лет наблюдений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа рассчитанных ошибок и статистических характеристик рядов среднемесячной температуры воздуха было выявлено, что точность интерполяции методом ADW зависит от многих факторов. Густота сети метеостанций и точность исходных данных являются одним из основных факторов, особенно в районах со сложным рельефом. Так, в 1-ом районе с преобладающим равнинным рельефом, но с более разреженной сетью станций, зимой разница между реальной температурой на станции и расчетным значением может превышать  $2\sigma_x$  (табл. 1).

В связи с этим значения температуры на карте могут попасть в интервал между изотермами, которые не соответствуют реальным значениям. Во 2-ом районе с более сложным рельефом, но с более плотной сетью станций разница в значениях зимой значительно меньше и редко превышает  $2\sigma_x$  (табл. 2).



В летний период разница между реальной температурой на станциях и расчетными значениями в 1-ом районе не достигает  $2\sigma_x$ , во 2-м районе может превышать  $2\sigma_x$ , но не превышает  $1^\circ\text{C}$ .

Табл. 1. Значения ошибок и невязок интерполяции для 1-го района  
Table 1. Interpolation errors for the 1st region

Станция	Январь					Июль				
	$X_i$	$\sigma_x$	$\Delta X_i$	$\Delta x_i$	$\delta$ (%)	$X_i$	$\sigma_x$	$\Delta X_i$	$\Delta x_i$	$\delta$ (%)
Хабардино	-39,8	0,7	-1,8	-5,8	-14,6	15,9	0,2	-0,3	-1,6	-10,1
Чумпурук	-37,9	0,5	-1,9	-3,9	-10,3	16,8	0,2	-0,3	-0,6	-3,6
Хатырык-Хомо	-39,2	0,5	-1,2	-3,2	-8,2	17,8	0,2	0,1	0,4	2,2
Верхневилуйск, АМСГ	-36,0	0,6	-2,0	-2,0	-5,6	17,6	0,2	0,2	0,2	1,1
Туой-Хая	-31,6	0,6	-1,6	0,4	1,3	17,0	0,2	0,2	0,2	1,2
Крестях	-34,3	0,6	-2,3	-2,3	-6,7	17,2	0,2	0,1	0,1	0,6
Чаингда	-33,3	0,6	-1,3	0,7	2,1	16,7	0,2	-0,1	-0,7	-4,2
Ытык-Кюель, АМСГ	-44,0	0,4	-2,0	-3,0	-6,8	17,7	0,2	0,0	-0,6	-3,4
Покровск	-39,9	0,4	-1,9	-1,9	-4,8	18,3	0,2	0,0	0,3	1,6
Амга, АМСГ	-41,6	0,4	-1,6	-1,6	-6,3	18,3	0,2	0,3	0,3	1,6
Тонгулах	-37,0	0,6	-1,0	-1,0	-2,7	16,5	0,2	0,0	-1,2	-7,3
Учур	-32,2	0,5	-0,2	5,8	18,0	18,9	0,2	0,3	1,2	6,3

Табл. 2. Значения ошибок и невязок интерполяции для 2-го района  
Table 2. Values of errors and residuals of the Interpolation for the 2nd region

Станция	Январь					Июль				
	$X_i$	$\sigma_x$	$\Delta X_i$	$\Delta x_i$	$\delta$ (%)	$X_i$	$\sigma_x$	$\Delta X_i$	$\Delta x_i$	$\delta$ (%)
Уоян	-29,9	0,3	-0,9	-3,9	-13,0	18,1	0,2	0,6	3,4	18,8
Ую	-33,4	0,3	-0,4	-5,4	-16,2	14,7	0,1	0,0	-0,7	-4,8
Баргузинский заповедник	-22,6	0,4	-0,6	3,4	15,0	12,9	0,2	0,3	-3,9	-30,2
Курумкан	-29,6	0,4	-0,6	-6,6	-22,3	19,5	0,2	0,6	5,5	28,2
Баргузин	-27,1	0,3	-0,1	-4,1	-15,1	18,6	0,1	0,4	3,9	21,0
Зилово	-24,3	0,3	-0,3	6,7	27,6	17,5	0,1	0,0	-0,7	-4,0
Замакта	-21,1	0,3	-0,1	3,9	18,5	15,0	0,2	0,7	-3,2	-21,3
Нерчинск, АМСГ	-30,5	0,3	-1,5	-4,5	-14,8	19,9	0,1	0,3	1,7	8,5
Могзон	-25,3	0,3	-0,3	-4,3	-17,0	16,4	0,1	0,3	1,1	-6,7
Улеты	-20,1	0,3	-0,1	3,9	-19,4	18,3	0,1	0,1	2,2	12,0

Однако после исключения из массива данных одной станции пространственное распределение температуры изменяется. После исключения данных по станции Учур значение температуры января изменилось на  $5,8^\circ\text{C}$ , что составляет 18% от реального значения (рис. 2).

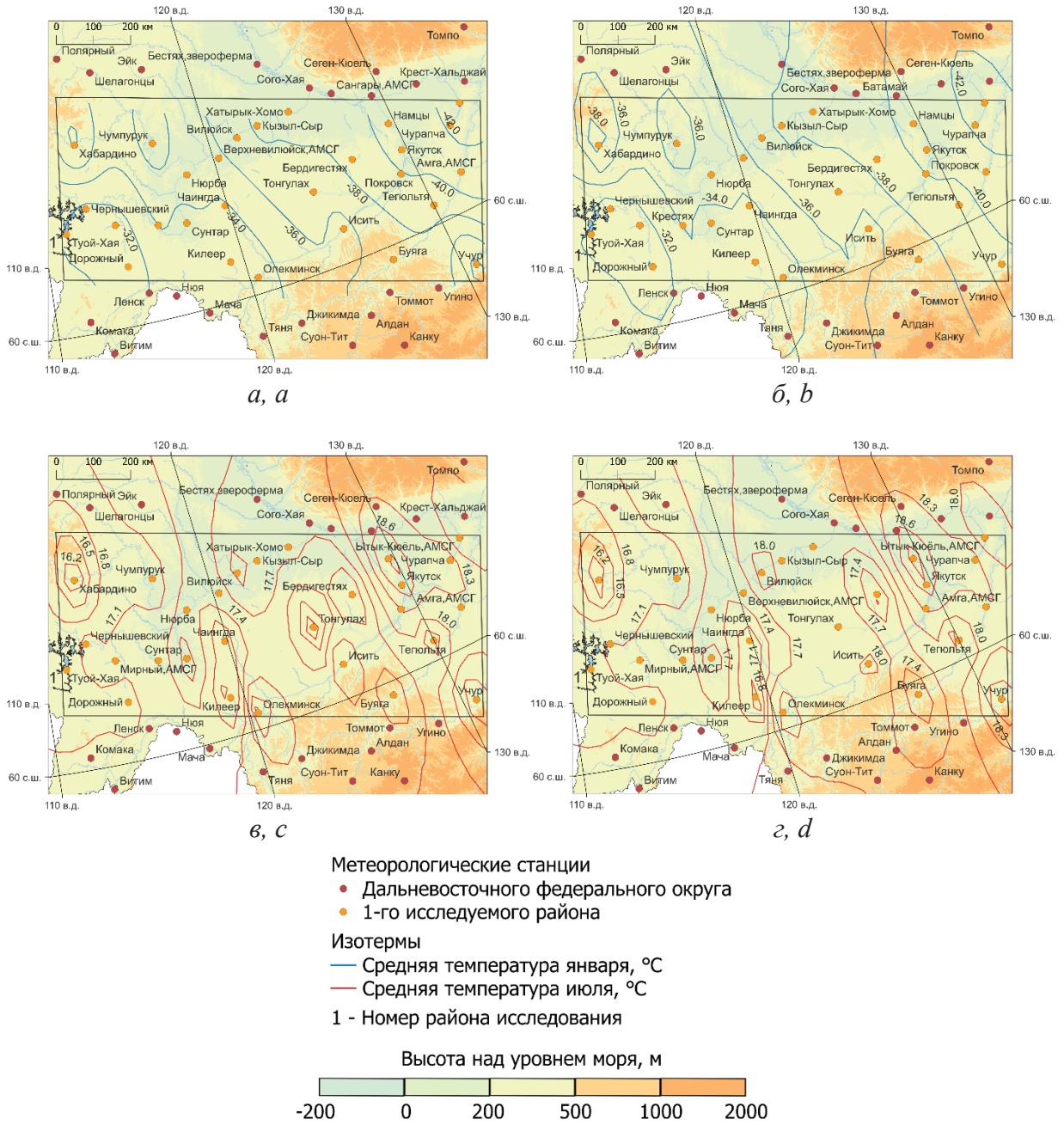
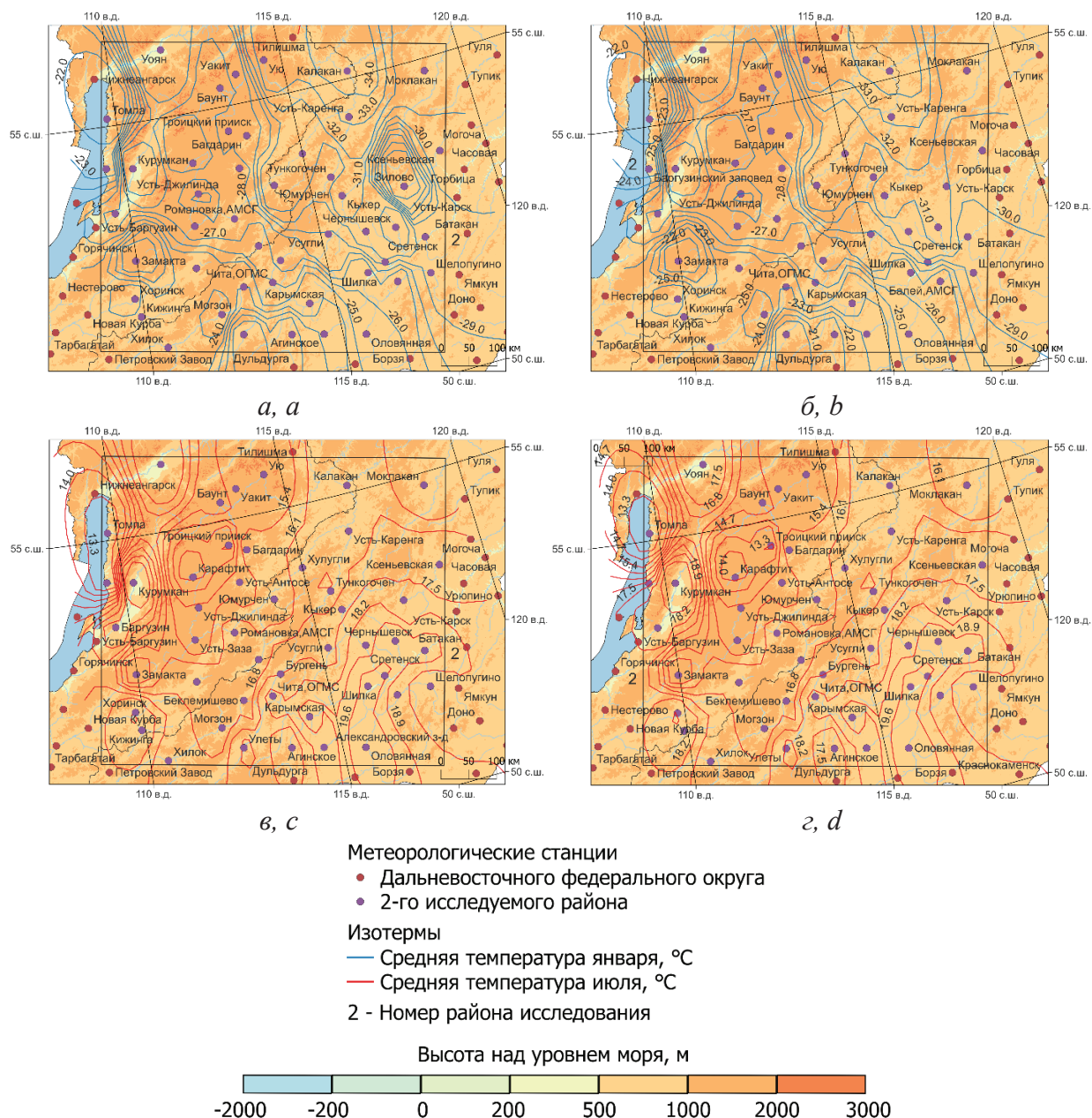


Рис. 2. Фрагменты карт 1-го района:

*a* — среднемесячная температура января; *б* — среднемесячная температура января без данных станции Учур; *в* — среднемесячная температура июля; *г* — среднемесячная температура июля без данных станции Тонгулах

Fig. 2. Map fragment 1st region:

*a* — mean temperature for January; *b* — mean temperature for January without Uchur station data; *c* — mean temperature for July; *d* — mean temperature for July without Tongulakh station data



*Рис. 3. Фрагменты карт 2-го района:  
 а — среднемесячная температура января; б — среднемесячная температура января без данных станции Зилово; в — среднемесячная температура июля;  
 г — среднемесячная температура июля без данных станции Баргузинский заповедник*

*Fig. 3. Map fragment of 2nd region:  
 а — mean temperature for January; б — mean temperature for January without Zilovo station data; в — mean temperature for July;  
 д — mean temperature for July without Barguzinsky zapovednik station data*

Для температуры июля после исключения данных станции Тонгулах изменения составили 7,3 % от реального значения. Для 2-го района исследования были отмечены аналогичные изменения. После исключения данных станции Зилово значение температуры января изменилось на 6,7 °С, что составляет 27,6 % от реального значения (рис. 3). На карте среднемесячной температуры июля после исключения данных станции Баргузинский



заповедник изменения составили  $-3,9$  °С, более 30 % от реального значения. Сравнивая относительные ошибки температуры двух районов, можно сказать, что во 2-ом районе они выше и достигают 30 % даже в июле, в то время как в 1-ом районе они не превышают 18 % зимой и 10 % летом. Такие значительные расхождения могут быть связаны как с характером рельефа территории, так и с параметрами, которые используются при интерполяции. Известно, что выделение влияния различных факторов, вносящих вклад в погрешности, представляет значительные трудности при интерполяции [Каган, 1979]. В методе ADW при расчете весов учитываются угловое расстояние и расстояние затухания корреляции между температурой на станциях [Hulme et al., 2000; Caesar et al., 2006]. Оба параметра рассчитываются с учетом широты, но анизотропия поля температуры при этом учтена частично. Поскольку анизотропия полей гидрометеорологических характеристик зависит от сезона, то и ошибки восстановления полей будут различаться [Polonskii, Shokurova, 2008]. Наличие инверсий в замкнутых котловинах зимой и неравномерное изменение вертикального градиента температуры на склонах разной экспозиции вносят существенный вклад в пространственное распределение температуры. Даже для среднемесячной температуры расстояние, на котором межстанционная корреляция больше не является значимой на уровне 95 %, зависит не только от широты, но и от долготы и рельефа.

## ВЫВОДЫ

На основе карт среднемесячной температуры воздуха за январь и июль, построенных для территории Дальневосточного федерального округа методом интерполяции сетки, взвешенной по угловому расстоянию (ADW), была проведена оценка точности интерполяции. Анализ ошибок, рассчитанных для двух районов, показал, что точность интерполяции зависит от количества станций, расположенных на территории и от характера рельефа. При достаточном количестве станций в горных районах и расчетные, и фактические температуры хорошо согласуются даже в зимний период. Для территорий с равнинным рельефом при недостаточном количестве станций расхождения между расчетными и фактическими температурами могут быть значительны. Однако если исключить при расчетах данные станций, расположенных на участках с большими относительными высотами, то точность интерполяции резко снижается из-за недоучета особенностей пространственной корреляции температуры. Таким образом, применение метода ADW требует предварительного изучения статистической структуры поля. Учет характера изменений расстояния затухания межстанционной корреляции температуры воздуха на участках со сложным рельефом может повысить точность интерполяции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Изменчивость температурного режима на азиатской территории России в период глобального потепления. *Оптика атмосферы и океана*, 2012. Т. 25. № 2. С. 122–131.
- Каган Р.Л. Осреднение метеорологических полей. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 212 с.
- Крюкова С.В., Симакина Т.Е. Оценка методов пространственной интерполяции метеорологических данных. *Общество. Среда. Развитие*, 2018. № 1. С. 144–151.
- Новикова А.М., Полонский А.Б., Новиков А.А. Сравнение возможностей интерполяционных модулей QGIS для морских климатических исследований при работе с массивом данных малой обеспеченности. *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Международной конференции*, 2016. Т. 22. Ч. 1. С. 76–88.
- Тебуев Х.Х., Кундетов А.О., Тутаев А.А. Метод интерполяции полей температуры в условиях вертикальной зональности КБР. *Известия Кабардино-Балкарского государственного университета*, 2018. Т. 23. Ч. 1. С. 10–14.

ного аграрного университета им. В.М. Кокова. Технические науки, 2017. № 2 (16). С. 73–77.

*Школьник И.М., Акентьева Е.М., Ключева М.В., Стадник В.В., Хлебникова Е.И., Фасолько Д.В., Разова Е.Н., Рудакова Ю.Л., Павлова В.Н.* Федеральные округа России: изменения климата и экономика. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 2022. Вып. 604. С. 55–201.

*Caesar J., Alexander L., Vose R.* Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set. *Journal of Geophysical Research*, 2006. V. 111. P. 1–10. DOI: 10.1029/2005JD006280.

*New M., Hulme M., Jones P.* Representing twentieth-century space-time climate variability. Part II: Development of 1901–1996 monthly grids of terrestrial surface climate. *Journal of Climate*, 2000. P. 2217–2238. DOI: 10.1175/1520-0442(2000)013<2217:RTCSTC>2.0.CO;2.

*Polonskii A.B., Shokurova I.G.* Statistical structure of the large-scale fields of temperature and salinity in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 2008. V. 18. Iss. 1. P. 38–51.

## REFERENCES

*Caesar J., Alexander L., Vose R.* Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set. *Journal of Geophysical Research*, 2006. V. 111. P. 1–10. DOI: 10.1029/2005JD006280.

*Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Loginov S.V., Podnebesnykh N.V., Kharyutkina E.V.* Variability of temperature behavior over the Asian territory of Russia in the period of global warming. *Optika Atmosfery i Okeana (Atmospheric and Oceanic Optics)*, 2012. No. 2. P. 122–131 (in Russian).

*Kagan R.L.* Averaging of meteorological fields. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1979. 212 p. (in Russian).

*Kryukova S.V., Simakina T.E.* Evaluation of methods for spatial interpolation of meteorological data. *Society. Environment. Development*, 2018. No. 1. P. 144–151 (in Russian).

*New M., Hulme M., Jones P.* Representing twentieth-century space-time climate variability. Part II: Development of 1901–96 monthly grids of terrestrial surface climate. *Journal of Climate*, 2000. P. 2217–2238. DOI: 10.1175/1520-0442(2000)013<2217:RTCSTC>2.0.CO;2.

*Novikova A.M., Polonskii A.B., Novikov A.A.* Comparison of QGIS interpolation modules capabilities for marine climate research on duty with an array of low-security data. *InterCarto. InterGIS. Proceedings of International Conference*, 2016. V. 22. Part 1. P. 76–88 (in Russian).

*Polonskii A.B., Shokurova I.G.* Statistical structure of the large-scale fields of temperature and salinity in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 2008. V. 18. Iss. 1. P. 38–51.

*Shkolnik I.M., Akentyeva E.M., Klueva M.V., Stadnik V.V., Khlebnikova E.I., Faselko D.V., Razova E.N., Rudakova Yu.L., Pavlova V.N.* Federal districts: Climate change and economy. *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*, 2022. Iss. 604. P. 55–201 (in Russian).

*Tebuev Kh.Kh., Kundetov A.O., Tutaev A.A.* Interpolation method of temperature fields in the conditions of vertical zonation KBR. *Izvestiya of Kabardino-Balcarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. Technical Sciences*, 2017. No. 2 (16). P. 73–77 (in Russian).