

в земной биосфере. Сформированная база данных предоставляет возможность картирования и выявления закономерностей изменения квалиметрических показателей в климатических градиентах Евразии и может быть востребована в будущем лесоустройстве, оценке углеродного пула лесов и перспективных селекционных программах России.

*Библиографический список*

1. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.
2. Elliott G.K. Wood density in conifers // Technical Communication. – № 8. Commonwealth Forestry Bureau. – Oxford, England, 1970. – 44 p.
3. Louzada J.L.P.C. Genetic correlations between wood density components in *Pinus pinaster* Ait. // Annals of Forest Science. – 2003. – Vol. 60. – P. 285–294.
4. Swenson N.G., Enquist B.J. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community – wide variation across latitude and elevation // American Journal of Botany. – 2007. – Vol. 94. – № 3. – P. 451–459.
5. Modeling black spruce wood fiber attributes with terrestrial laser scanning / Giroud G., Schneider R., Fournier R.A., Luther J.E., Martin-Ducup O. // Canadian Journal of Forest Research. – 2019. – Vol. 49. – № 6. – P. 661–669.

УДК 551.583.4

В. В. Фомин, М. Г. Ундерских  
(V. V. Fomin, M. G. Underskikh)

НОЦ Дендрэкологии и садоводства УГЛТУ, Екатеринбург  
(SEC of Dendroecology and Horticulture, Yekaterinburg)

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕАНАЛИЗОВ В ОЦЕНКЕ  
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ  
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА УРАЛЕ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ  
В СЕРЕДИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ**  
(APPLICATION OF REANALYSIS IN THE ASSESSMENT OF SPATIO-  
TEMPORAL DYNAMICS OF AIR TEMPERATURE IN THE URALS AND  
WESTERN SIBERIA IN THE MIDDLE XX – EARLY XXI CENTURIES)

*Проведен сравнительный анализ приземной среднегодовой температуры воздуха на территории Урала и Западной Сибири на основе данных 92 метеостанций и данных реанализов ERA-20C и CERA-20C за период с 1961 по 2010 гг. Установлено, что значения коэффициентов корреляции*

данных реанализа CERA-20C с данными метеостанций выше, чем у реанализа ERA-20C (0,86–0,98 и 0,81–0,97 соответственно).

*The article describes the comparative analysis of surface mean annual air temperature in the Urals and Western Siberia based on data from 92 weather stations and data from ERA-20C and CERA-20C reanalysis for the period from 1961 to 2010. It is revealed that the values of the correlation coefficients of the CERA-20C reanalysis data with the weather station data are higher than those of the ERA-20C reanalysis (0,86–0,98 and 0,81–0,97 respectively).*

### **Введение**

Установлено, что современные изменения в климатической системе Земли характеризуются положительным трендом изменения температуры воздуха и океана, повышением экстремальности климата, сокращением площади ледяного покрова, деградацией вечной мерзлоты и увеличением речного стока. При исследовании климатогенной динамики древесной растительности необходимо учитывать региональные особенности изменения климата [1].

Не всегда возможно достаточно точно охарактеризовать климатические условия и их изменения для конкретной территории из-за того, что вблизи нее нет метеостанции [2], а в случае, если метеостанция существует, то метеорологические данные, полученные на ней, могут являться недоступными для исследователей или неполными. Одним из вариантов решения проблемы получения данных по отдельным климатическим параметрам является использование данных атмосферных реанализов. Реанализ – это динамически разглаженные и согласованные данные метеонаблюдений, для получения которых используется гидродинамическая модель [3]. При создании реанализов используются данные регулярных стационарных, аэрологических и спутниковых наблюдений. Созданы и доступны разные варианты реанализов, позволяющие анализировать изменения значений метеорологических характеристик для больших территорий за весь период XX в. [3, 4].

Цель работы – провести сравнительный анализ данных реанализов, полученных Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды, и данных инструментальных наблюдений на метеостанциях, находящихся на территории Урала и Западной Сибири.

### **Объекты и методика исследования**

Район исследований – территория Урала и Западной Сибири. В работе были использованы среднемесячные значения приземной температуры воздуха на 92 метеорологических станциях, расположенных в районе исследований, полученные из архивов ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [5]. На основе этих данных были рассчитаны среднегодовые температуры воздуха для каждой метеостанции в период с 1961 по 2010 гг., а также средней

температуры воздуха за десятилетние периоды (1961–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010).

Реанализы ERA-20C и CERA-20C, разработанные Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), используются для оценки температуры воздуха Северного полушария [4]. ERA-20C – это реанализ, разработанный ECMWF в 2014 г. для временного интервала с 1900 по 2010 гг. Реанализ CERA-20C был создан на основе реанализов ERA-20C и ORA-20C в 2016 г. CERA-20C имеет более реалистичное представление тепловых потоков между океаном и атмосферой по сравнению с другими реанализами для XX в. [4]. Данные CERA-20C доступны для периода с 1901 по 2010 гг. Данные реанализов находятся в свободном доступе и предоставляются в растровом формате.

Для оценки изменений температуры воздуха по десятилетним временным интервалам за период с 1961 по 2010 гг. по данным реанализов также проведены расчеты средней температуры за десятилетние периоды (1961–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010), а затем были рассчитаны растры, характеризующие изменение температуры между соседними десятилетиями. Оценка изменения температуры воздуха между соседними десятилетиями производилась путем вычитания значения температуры предыдущего десятилетия из значения текущего десятилетия. Если в каком-либо из десятилетий в наборе данных инструментальных наблюдений отсутствовали показатели хотя бы за один месяц, то расчеты для конкретной станции за этот временной интервал не проводили.

Для создания картосхем использовали векторные слои OSM (openstreetmap.org). Полученные по данным инструментальных наблюдений значения разности температуры между соседними десятилетиями были нанесены на картосхему района исследований условными знаками в виде круговых маркеров разного размера и интенсивности цвета в серой шкале для каждой метеостанции, находящейся в районе исследований (рис. 1 и 2).

Значения коэффициентов корреляции среднегодовой температуры за период с 1961 по 2010 гг., рассчитанных по данным метеонаблюдений на метеостанциях и данных реанализов ERA-20C и CERA-20C в местах, где расположены метеостанции, были нанесены на картосхемы в виде круговых маркеров с разной интенсивностью в серой цветовой шкале (см. рис. 2).

### **Результаты и их обсуждение**

В географической информационной системе QGIS были созданы картосхемы, характеризующие изменения температуры воздуха на территории Урала и Западной Сибири по данным метеонаблюдений и реанализов. На рис. 1 и 2 приведены картосхемы, характеризующие изменение температуры воздуха в районе исследований по десятилетиям с 1961 по 2010 гг.

Сравнительный анализ картосхем, свидетельствует о том, что данные реанализа CERA-20С лучше согласуются с данными метеонаблюдений на метеорологических станциях.

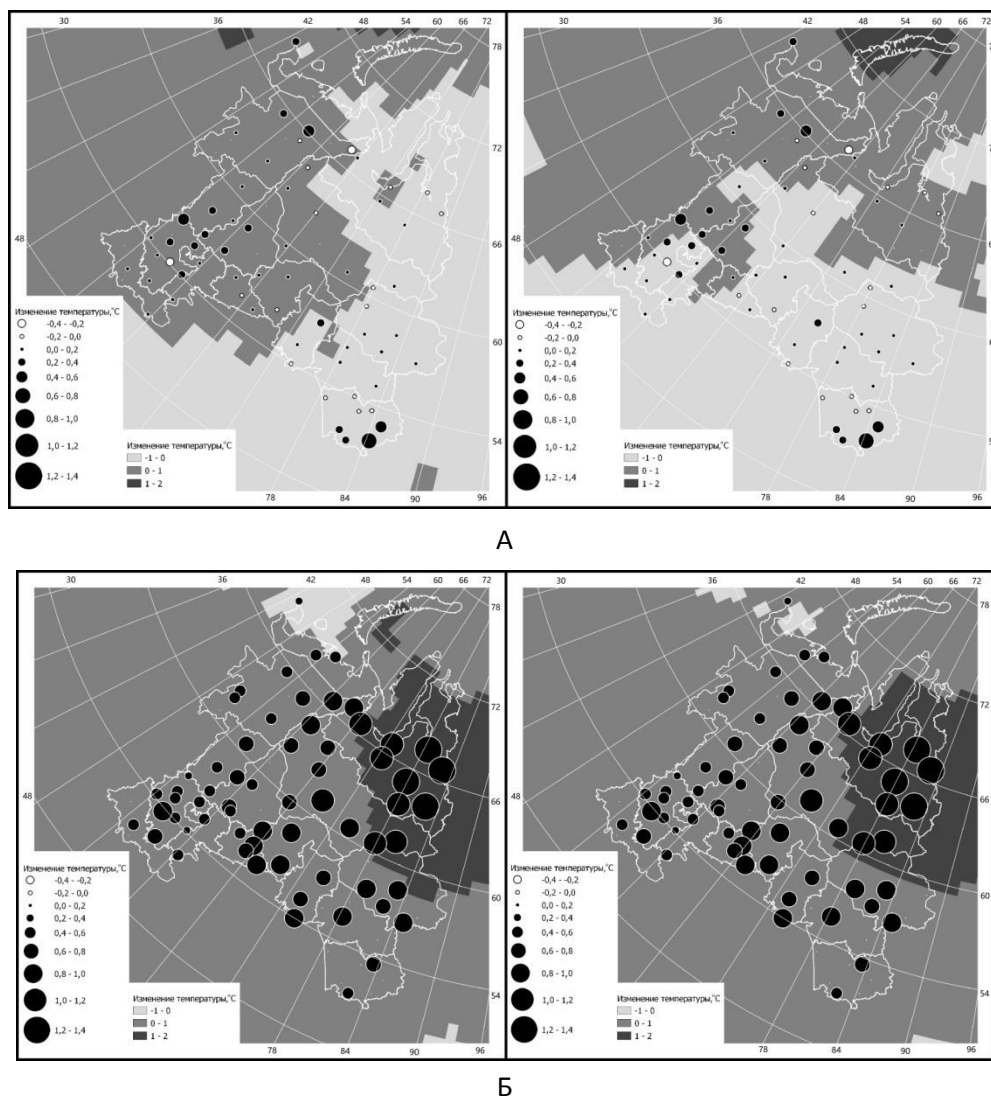


Рис. 1. Картосхемы, характеризующие изменение температуры воздуха как разность между двумя соседними десятилетиями, по данным метеостанций (круговые маркеры) и реанализов (фон): А –  $T_{1971-1980} - T_{1961-1970}$ , Б –  $T_{1981-1990} - T_{1971-1980}$ . В левой части приведены картосхемы ERA-20С, в правой – CERA-20С

Значения коэффициента корреляции между данными метеонаблюдений на станциях и реанализа ERA-20С находятся в диапазоне 0,81–0,97, а для реанализа CERA-20С – 0,86–0,98. За исключением некоторых южных регионов Урала и Западной Сибири, данные реанализа CERA-20С лучше согласуются с данными метеонаблюдений на метеостанциях (рис. 3).

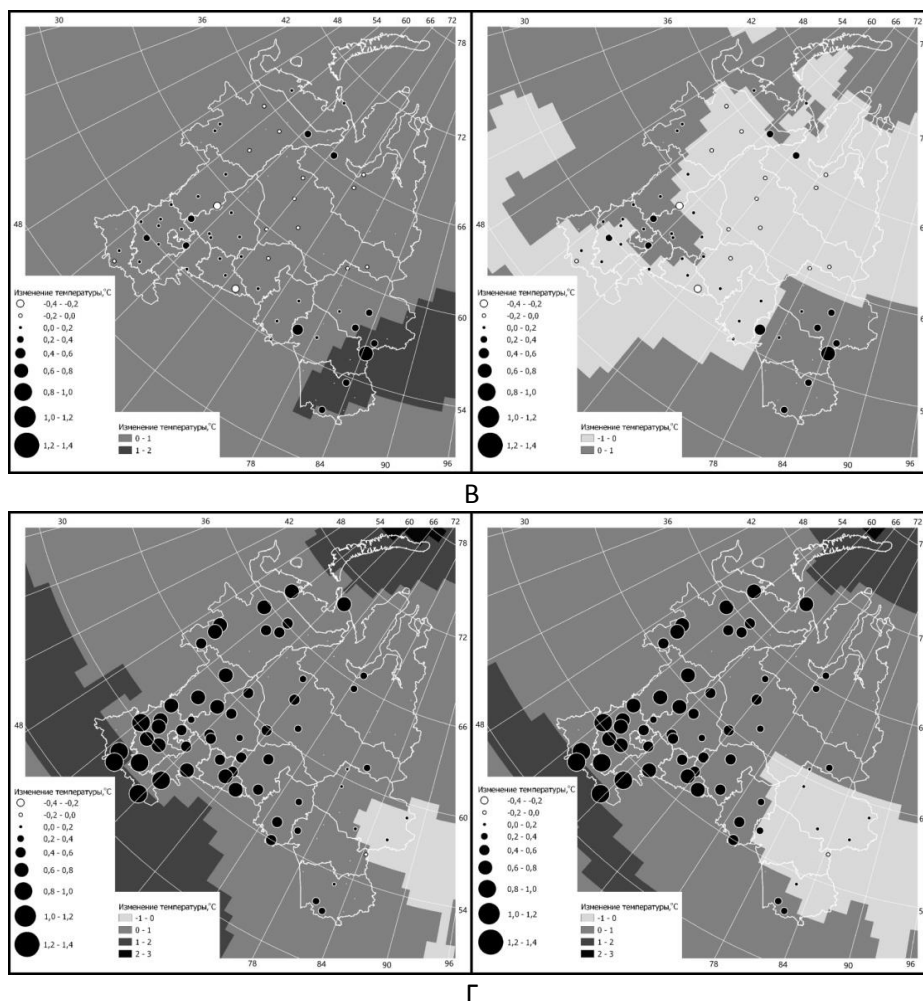


Рис. 2. Картограммы, характеризующие изменение температуры воздуха как разность между двумя соседними десятилетиями, по данным метеостанций (круговые маркеры) и реанализов (фон): В –  $T_{1991-2000} - T_{1981-1990}$ , Г –  $T_{2001-2010} - T_{1991-2000}$ . В левой части приведены картограммы ERA-20C, в правой – CERA-20C

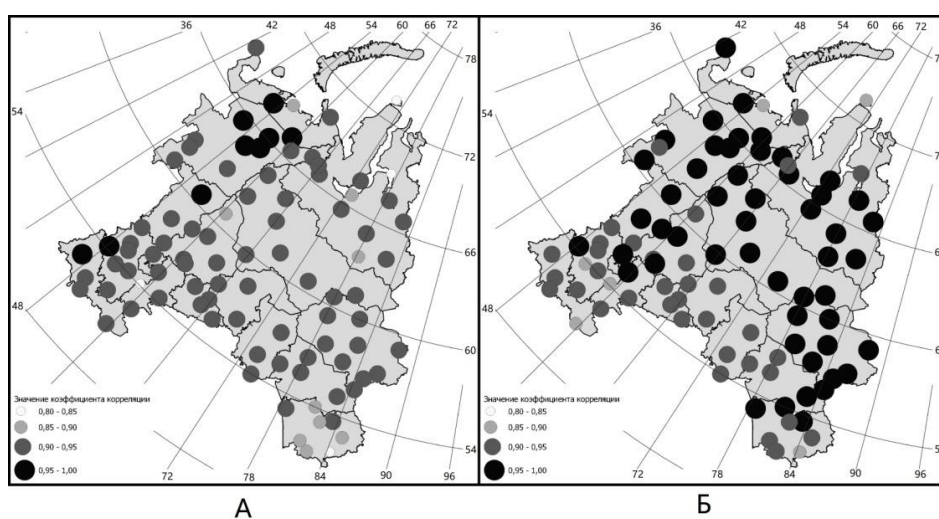


Рис. 3. Картограммы, характеризующие уровни корреляции значений среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанций и реанализов ERA-20C (А) и CERA-20C (Б) в районе исследований

**Выводы**

Результаты сравнительного анализа данных инструментальных наблюдений на метеостанциях и реанализов ERA-20C и CERA-20C свидетельствуют о достаточно высоком уровне корреляции значений среднегодовой температуры за период с 1961 по 2010 гг. (выше 0,81). При этом данные реанализа CERA-20C лучше согласуются с данными метеонаблюдений по сравнению с реанализом ERA-20C.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (грант FEUG-2020-0013) и при финансовой поддержке РФФИ (грант 19-05-0059 «Древесно-кольцевые хронологии как архив погодноклиматических условий на юге Урала и Западной Сибири»).

*Библиографический список*

1. Шалаумова Ю. В., Фомин В. В., Капралов Д. С. Пространственно-временная динамика климата на Урале во второй половине XX века // Метеорология и гидрология. – 2010. – №2. – С. 44-54.
2. Кондратюк В. И. Модернизация метеорологической сети РосГидроМета // Труды главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – СПб. – 2011. – №564. – С. 19-39.
3. Гавриков А. Атмосферные реанализы. – URL: [https://ocean.ru/phocadownload/pl\\_univer/pl\\_univer\\_2019\\_01.pdf](https://ocean.ru/phocadownload/pl_univer/pl_univer_2019_01.pdf) (дата обращения: 18.10.2020).
4. Бокучава Д. Д., Семенов В. А. Анализ аномалий приземной температуры воздуха в Северном полушарии в течение XX века по данным наблюдений и реанализов // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – № 1. – С. 28–51.
5. Специализированные массивы. – URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 01.05.2020).

УДК 581.1:712.41

В. А. Фролова, О. В. Чернышенко  
(V. A. Frolova, O. V. Chernyshenko)  
МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи  
(MB of Bauman VMSTU, Mytishchi )

**ГОРОДСКИЕ ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ  
КАК ПОСТАВЩИКИ ЧИСТОГО ВОЗДУХА  
(URBAN GREEN SPACES AS CLEAN AIR PROVIDERS)**

*Описан подход к оценке способности древесных растений улучшать атмосферный воздух в городе. Исследование проводилось на 60 видах*