

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.583

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-2-75-84

**ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЮГЕ СИБИРИ И ИХ
ВЗАИМОСВЯЗЬ С КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ
ПРОЦЕССАМИ В АТМОСФЕРЕ****Елена Викторовна Носкова**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9782-1996>, Scopus Author ID: 57190496358

Researcher ID: J-3245-2018, SPIN-код: 7361-3260, Author ID: 696661

e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия***Виктор Афанасьевич Обязов**ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9644-1286>, Scopus Author ID: 6505820654,

ResearcherID: N-1729-2017, SPIN-код: 4590-8490, Author ID: 60562

e-mail: obviaf@mail.ru

*ООО НПО «Гидротехпроект», г. Санкт-Петербург, Россия***Ирина Леонидовна Вахнина**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5111-6255>, Scopus Author ID: 57211293834,

Researcher ID: P-2412-2018, SPIN-код: 6736-3412, Author ID: 615525

e-mail: vahkina_il@mail.ru

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия**Сибирская дендрохронологическая лаборатория, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*

В статье представлен анализ изменения приземной температуры воздуха на юге Сибири в 8 регионах Российской Федерации. На основе географического и климатического подходов выполнено зонирование исследуемой территории на четыре зоны. Показано, что межгодовые изменения температуры воздуха как внутри выделенных зон, так и между ними согласованы, в то время как изменения в рядах среднемесячных температур воздуха не так однозначны. Рассчитанные значения линейных трендов многолетних изменений среднегодовой температуры воздуха свидетельствуют о том, что, несмотря на повсеместное значимое ее увеличение, в последнее десятилетие по территории юга Сибири отмечается замедление роста температур. Рост температуры воздуха наблюдается практически во все месяцы года, исключение составляет зимний период, где по данным отдельных метеостанций заметно небольшое похолодание. Оценка взаимосвязи температуры воздуха с циркуляционными механизмами, выполненная с помощью корреляционного анализа, свидетельствует о значительном влиянии скандинавского телеконнекционного индекса практически в течение всего года в зонах, относящихся к областям континентального климата. В областях резко континентального климата его влияние несколько уменьшается, особенно летом, хотя он и остается ведущим фактором в отдельные месяцы. Происходящие климатические изменения не могут не повлечь за собой как положительные, так и отрицательные социально-экономические эффекты. В связи с этим результаты проведенных исследований необходимо учитывать при разработке механизмов адаптации экономики к изменению климата на региональных уровнях.

Ключевые слова: климат, приземная температуры воздуха, циркуляция атмосферы, юг Сибири.

© Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л., 2021

© Климатические показатели по территории Забайкальского края исследовались в рамках государственного задания по теме «Механизмы обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов 21 в.» (№ FUFRR-2021-0001); анализ климатических данных по другим территориям юга Сибири осуществлен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028).



*Метеорология**Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.***VARIATIONS IN THE SURFACE AIR TEMPERATURE IN THE SOUTH OF SIBERIA AND THEIR RELATIONSHIP WITH LARGE-SCALE CIRCULATION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE****Elena V. Noskova**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9782-1996>, Scopus Author ID: 57190496358

Researcher ID: J-3245-2018, SPIN-code: 7361-3260, Author ID: 696661

e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia***Victor A. Obyazov**ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9644-1286>, Scopus Author ID: 6505820654,

Researcher ID: N-1729-2017, SPIN-code: 4590-8490, Author ID: 60562

e-mail: obviaf@mail.ru

*NPO Gidrotekhproekt LLC, St. Petersburg, Russia***Irina L. Vahnina**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5111-6255>, Scopus Author ID: 57211293834,

Researcher ID: P-2412-2018, SPIN-code: 6736-3412, Author ID: 615525

e-mail: vahnina_il@mail.ru

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia**Siberian Dendrochronological Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

The article analyzes changes in surface air temperature in the south of Siberia, in 8 regions of the Russian Federation. Based on the geographical and climatic approaches, the study area was divided into four zones. It is shown that interannual changes in air temperature both within the identified zones and between them are consistent, while changes in the series of average monthly air temperatures are not so unambiguous. The calculated values of the linear trends of long-term changes in the mean annual air temperature indicate that, despite its widespread significant increase, in the last decade, a slowdown in the temperature growth has been noted across the territory of southern Siberia. An increase in air temperature is observed in almost all months of the year, with the exception of the winter period, when, according to data from individual meteorological stations, a slight fall in temperature is noted. An assessment of the relationship between air temperature and circulation mechanisms, carried out using correlation analysis, indicates a significant influence of the Scandinavian teleconnection index practically throughout the year in zones related to areas of continental climate. In areas of a sharply continental climate, its influence decreases to some extent, especially in summer, although it remains the leading factor in some months. The ongoing climatic changes cannot but entail both positive and negative socio-economic effects. In this regard, the results of the research should be taken into account when developing mechanisms for adapting the economy to climate change at regional levels.

Key words: climate, surface air temperature, atmospheric circulation, southern Siberia.

Введение

Последствия изменений температуры воздуха в России, большая часть территории которой находится в области значительных изменений климата, оказывают существенное воздействие на природные условия и, соответственно, социально-экономическое развитие страны [6; 10]. Климатические изменения наносят значительный экономический ущерб ключевым секторам экономики страны, инфраструктуре и строениям (просадка грунта из-за таяния вечной мерзлоты), угрожают стабильному существованию экосистем, изменяют рекреационный потенциал территорий, отрицательно влияют на здоровье и образ жизни населения [9; 14–16; 20].

В связи с этим оценка этих тенденций на региональном уровне представляет широкий интерес, особенно во взаимосвязи с крупномасштабными циркуляционными процессами в атмосфере за период с 1976 по 2018 г., поскольку одно из самых сильных потеплений наблюдается как раз с середины 70-х гг. прошлого века [2].

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

Исследуемая территория юга Сибири располагается между 49–54° с.ш. и 73–100° в.д. Занимает степную и лесостепную природные зоны, наиболее густонаселенные и хозяйственно-освоенные территории регионов. Многие исследования [3; 8; 12; 13; 17; 19; 21–23] показывают, что в Сибирском регионе со второй половины 20-го в. отмечается рост приземной температуры воздуха. Во многих работах указано, что преобладающий вклад в изменчивость температуры воздуха вносят циркуляционные факторы [5; 18].

При этом в работе [7] отмечается, что в Сибири на фоне глобального потепления в последнее время наблюдается существенное замедление скорости роста температуры воздуха не только в приземном слое, но и в пограничном.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [1] о средних месячных значениях температуры воздуха по 31 метеорологическим станциям, расположенных на юге Сибири, а также информации о средних месячных значениях телеконнекционных индексов Национального управления океанических и атмосферных исследований США (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>) за период с 1976 по 2018 г.

Для определения параметров линейных трендов многолетних изменений исследуемых характеристик был выбран метод наименьших квадратов. Теснота связи температуры воздуха с телеконнекционными индексами определялась с использованием корреляционного анализа. Для оценки значимости выявленных трендов и коэффициентов корреляции применялась t-статистика Стьюдента. Анализ пространственных изменений исследуемых величин выполнялся при помощи программного обеспечения «Surfer», а их визуализация – с использованием программного пакета «ArcGIS».

Результаты исследования и их обсуждение

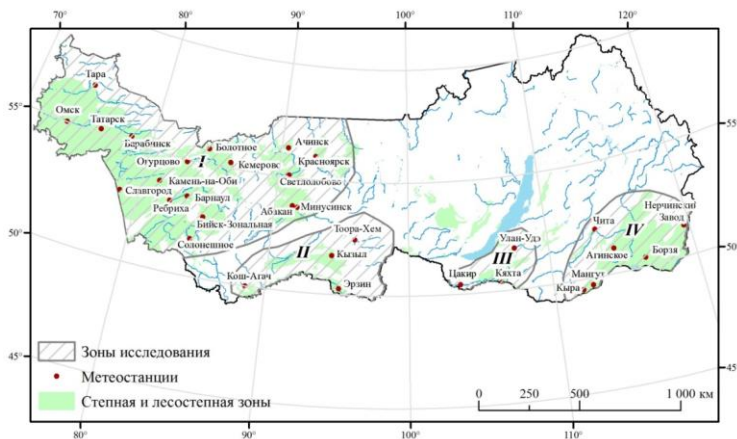


Рис. 1. Исследуемая территория юга Сибири и расположение метеорологических станций внутри выделенных зон

Fig. 1. The investigated territory of southern Siberia and the location of meteorological stations

Здесь значения среднегодовой температуры воздуха изменяются в интервале от +0,4 до +2,7°C. Среднеиюльская температура воздуха (самого жаркого месяца) за период исследования в этой зоне составляет около +18,0°C и более, среднеянварская (самого холодного месяца) – –17,2°C.

Территория областей резко континентального климата с отрицательными значениями среднегодовой температуры воздуха вследствие их географической удаленности друг от

На основе географического и климатического подходов выполнено зонирование исследуемой территории, в результате чего выделено четыре зоны (рис. 1). I зона, в которую вошло большинство из исследуемых метеостанций, западная часть территории исследования (Алтайский и Красноярский края, Кемеровская, Новосибирская и Омская области и Республика Хакасия), характеризуется континентальным климатом с положительными среднегодовыми значениями температуры воздуха.

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

друга и значительной расчлененности рельефа отнесена к трем зонам со сходными климатическими условиями: II (Республика Тыва с частью Республики Алтай), III (Республика Бурятия) и IV (Забайкальский край). Наименьших значений среднегодовая температура воздуха достигает во II зоне, внутри которой она изменяется от $-1,2$ до $-4,1^{\circ}\text{C}$, внутри III зоны – от $+0,7$ до $-2,6^{\circ}\text{C}$, внутри IV зоны – от $+0,0$ до $-2,2^{\circ}\text{C}$. При этом средняя температура воздуха в июле в этих зонах составляет $+17,5 \div +18,7^{\circ}\text{C}$, в январе ее значения достигают $-23,0^{\circ}\text{C}$ и ниже.

Межгодовые изменения температуры воздуха как внутри выделенных зон, так и между ними происходят с высокой степенью согласованности. Коэффициенты корреляции между рядами значений среднегодовой температуры воздуха метеостанций I зоны варьируют от 0,65 до 0,99, II зоны – от 0,66 до 0,94, III и IV зон – превышают 0,75 и достигают 0,95. Между средними значениями среднегодовой температуры воздуха выделенных зон значения коэффициентов корреляции превышают 0,68.

Изменения в рядах среднемесячной температуры воздуха между зонами хорошо согласуются во все месяцы, кроме летних и мая, когда коэффициенты корреляции не превышают 0,22. Внутри же выделенных зон эти изменения происходят с большей степенью согласованности, при этом в I зоне эта связь несколько ниже ввиду большого количества исследуемых здесь метеостанций и значительного расстояния между ними по сравнению с другими зонами: минимальные коэффициенты корреляции здесь в летние месяцы не превышают 0,16–0,39; в остальные – 0,46–0,72. Внутри остальных зон минимальные коэффициенты корреляции изменяются от 0,43–0,69 до 0,82–0,94.

Достаточные высокие коэффициенты корреляции позволяют говорить о синхронности термического режима на всей исследуемой территории.

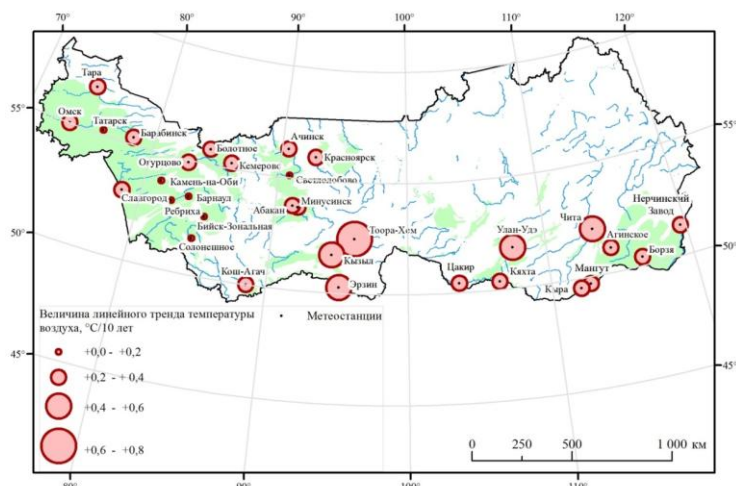


Рис. 2. Распределение величины линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по территории юга Сибири за 1976–2018 гг.

Fig. 2. Distribution of the linear trend in the average annual air temperature over the territory of southern Siberia for 1976–2018

За период наиболее интенсивного потепления (1976–2018 гг.) коэффициент линейного тренда среднегодовой температуры воздуха, характеризующий среднюю скорость изменения на рассматриваемом интервале времени, составил от $+0,22$ (I зона) до $+0,49^{\circ}\text{C}/10$ лет (II зона). В III и IV зонах рост температуры воздуха в среднем за 10 лет составил $+0,34^{\circ}\text{C}$. Тренды статически достоверны при уровне значимости $\alpha=5\%$ (рис. 2).

Рост температуры воздуха отмечается практически во все

месяцы года, исключение составляет зимний период, где по данным отдельных метеостанций отмечается небольшое похолодание. Так, в I зоне, например, уменьшение температуры воздуха зимой, в среднем составившее $-0,13^{\circ}\text{C}/10$ лет (рис. 3), повсеместно наблюдается в январе и декабре, в котором лишь на четырех метеостанциях выявлен незначительный рост. На территории других зон по данным некоторых метеостанций в эти месяцы также проявляется незначительное снижение температуры воздуха, однако в среднем за этот сезон по каждой зоне температура воздуха все же повышается. Понижения зимней температуры воздуха связывают с изменчивостью атмосферной циркуляции [11].

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

Наибольшее увеличение для II–IV зон характерно для весны и лета, где оно составляет соответственно от +0,55 (IV зона) до +0,76 (II зона) и от +0,51 (IV зона) до +0,56°C/10 лет (II зона). В I зоне весной скорость потепления в среднем составила +0,59°C/10 лет. Летом и осенью здесь, как и осенью в III и IV зонах, потепление выражено слабее: коэффициенты линейного тренда всего лишь равны +0,14 ÷ +0,19°C/10 лет. Осенью во II зоне скорость роста температуры воздуха близка к весенним и осенним месяцам и составляет +0,41°C/10 лет.

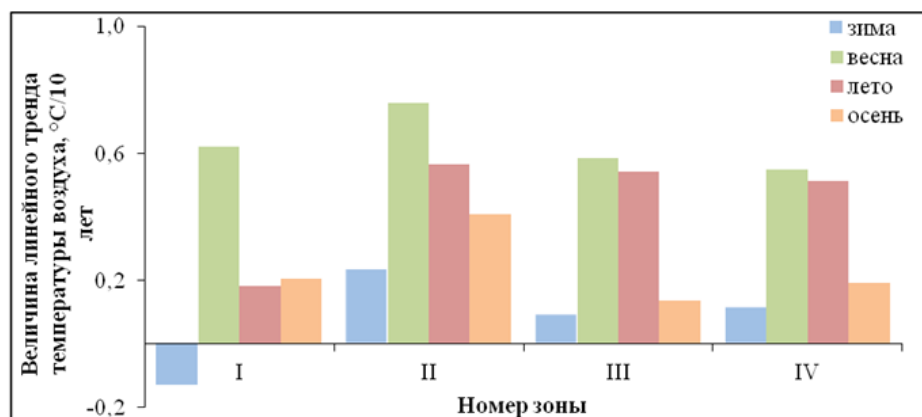


Рис. 3. Внутригодовые изменения среднегодовой температуры воздуха на юге Сибири за 1976–2018 гг.

Fig. 3. Intra-annual changes in the mean annual air temperature in the south of Siberia for 1976–2018

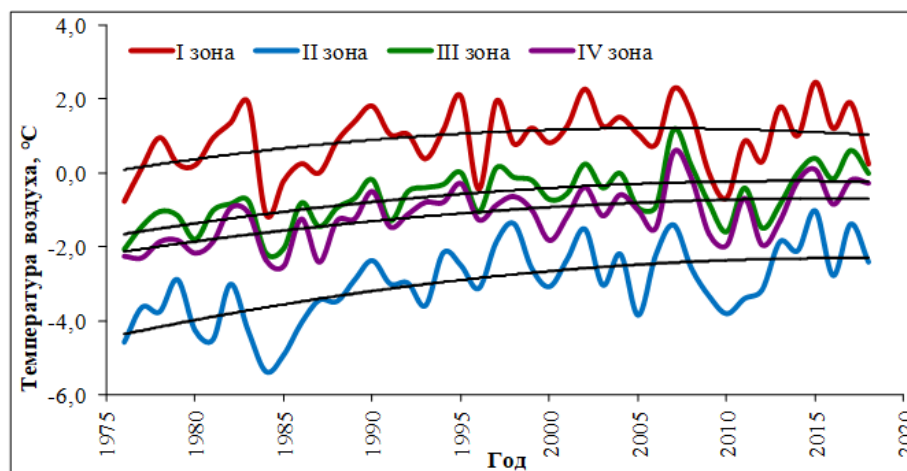


Рис. 4. Межгодовые изменения среднегодовой температуры воздуха, осредненной по зонам исследования, и их полиномиальные тренды за 1976–2018 гг. (черной линией показаны полиномиальные тренды 2-й степени)

Fig. 4. Interannual changes in the mean annual air temperature, averaged over the study areas, and their polynomial trends for 1976–2018 (the black line shows polynomial trends of the 2nd degree)

Однако в последнее десятилетие отмечается замедление роста среднегодовой температуры воздуха (рис. 4), что в целом согласуется с другими исследованиями [7]. Замедление роста температуры воздуха обусловлено с климатическими изменениями в Северной Атлантике и Тихом океане, вариациями солнечной активности и тропосферных аэрозолей, изменениями в стратосферном водяном паре [4].

Анализ связи температуры воздуха с параметрами крупномасштабной циркуляции атмосферы показал, что изменения температуры воздуха на юге Сибири в зоне I, относящейся к области континентального климата, практически в течение всего года связаны с циркуляционным механизмом, описываемым скандинавским телеконнекционным индексом (SCAND) (табл. 1).

Метеорология
Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры воздуха и значениями телеконнекционного индекса SCAND

Correlation coefficients between the monthly average air temperature and the SCAND teleconnection index

Номер зоны	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	<u>-0,55</u>	<u>-0,60</u>	<u>-0,77</u>	<u>-0,70</u>	<u>-0,54</u>	<u>-0,74</u>	<u>-0,48</u>	<u>-0,63</u>	<u>-0,63</u>	<u>-0,44</u>	<u>-0,59</u>	<u>-0,74</u>
II	-0,09	-0,30	<u>-0,60</u>	<u>-0,50</u>	-0,24	<u>-0,52</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,31</u>	-0,30	-0,04	<u>-0,37</u>	<u>-0,49</u>
III	-0,30	<u>-0,48</u>	<u>-0,74</u>	<u>-0,37</u>	0,08	<u>-0,39</u>	-0,14	-0,22	-0,06	-0,09	<u>-0,59</u>	<u>-0,64</u>
IV	-0,26	<u>-0,35</u>	<u>-0,57</u>	<u>-0,27</u>	0,17	-0,23	0,02	-0,10	0,14	-0,10	<u>-0,48</u>	<u>-0,52</u>

Примечание: подчеркнуты статистически достоверные значения коэффициентов корреляции

Note: statistically significant values of the correlation coefficients are underlined

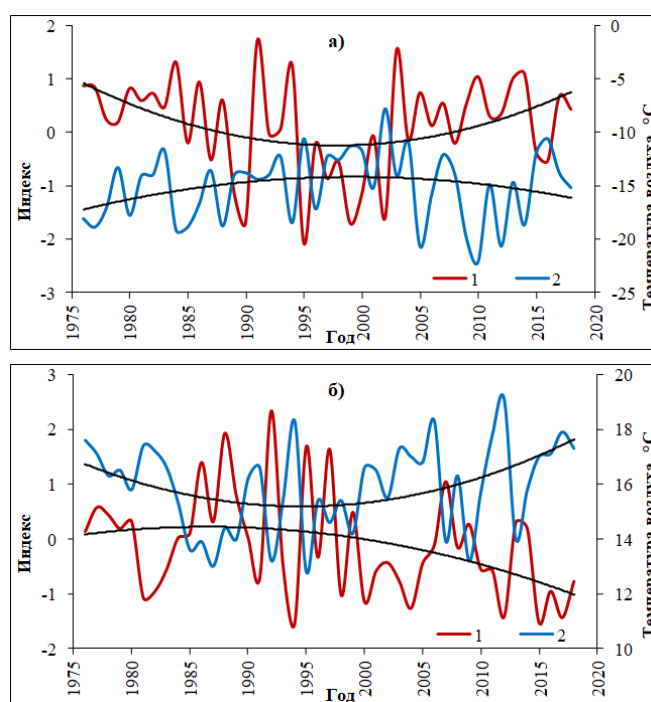


Рис. 5. Межгодовые изменения индекса SCAND (1) и температуры воздуха в зоне I (2) в феврале (а) и июне (б) (черной линией показаны полиномиальные тренды 2-й степени)

Fig. 5. Interannual changes in the SCAND index (1) and air temperature in zone I (2) in February (a) and June (b) (the black line shows polynomial trends of the 2nd degree)

Индекс SCAND отражает меридиональные градиенты давления. Чем меньше индекс, тем больше указанные градиенты, тем активнее происходит западный перенос воздушных масс. При активизации западного переноса температура воздуха на континенте возрастает и наоборот. Например, уменьшение индекса в феврале до середины 1990-х гг. и последующее увеличение его до настоящего времени обусловило почти зеркальное изменение температуры воздуха (рис. 5, а). Представляется, что выявленное похолодание в зимние месяцы связано в большей степени с проявлением этого циркуляционного механизма. В летний период в последние годы отмечается уменьшение индекса, которое сопровождается ростом температуры (рис. 5, б).

В областях резко континентального климата его влияние несколько уменьшается, особенно летом, хотя он и остается ведущим фактором в отдельные месяцы. Кроме индекса SCAND на температуру воздуха на всей исследуемой территории оказывает арктическое колебание (АО). Индекс АО также отражает меридиональные градиенты давления, но в

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

отличие от скандинавского индекса он имеет положительные значения при возрастании градиентов (табл. 2). Во всех зонах в большинстве месяцев влияние индекса АО на многолетний термический режим оценивается значимыми коэффициентами корреляции.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры воздуха и значениями индекса атмосферной циркуляции АО

Correlation coefficients between monthly average air temperature and atmospheric circulation index AO

Номер зоны	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	0,17	<u>0,43</u>	0,24	<u>0,39</u>	0,21	0,22	0,04	0,25	<u>0,53</u>	<u>0,33</u>	0,27	<u>0,52</u>
II	0,13	0,23	0,12	<u>0,37</u>	<u>0,32</u>	0,22	0,01	0,00	<u>0,32</u>	0,14	0,07	<u>0,40</u>
III	0,15	<u>0,44</u>	<u>0,42</u>	<u>0,35</u>	<u>0,48</u>	0,26	-0,03	-0,03	0,11	<u>0,39</u>	0,29	<u>0,44</u>
IV	0,12	<u>0,43</u>	<u>0,52</u>	<u>0,38</u>	<u>0,41</u>	0,06	-0,03	-0,03	0,15	<u>0,41</u>	0,25	<u>0,36</u>

Примечание: подчеркнуты статистически достоверные значения коэффициентов корреляции

Note: statistically significant values of the correlation coefficients are underlined

Заключение

Проведенные исследования позволяют говорить о том, что термический режим на территории юга Сибири синхронен, поскольку коэффициенты корреляции между рядами среднегодовой температуры воздуха как отдельных метеорологических станций, так и между их осредненными значениями по выделенным зонам исследования достаточно высокие.

При этом для всей исследуемой территории с 1976 г., когда наблюдается одно из самых активных потеплений, коэффициент линейного тренда среднегодовой температуры воздуха, характеризующий среднюю скорость изменения на рассматриваемом интервале времени, составил в I зоне $+0,22^{\circ}\text{C}/10$ лет, во II – $+0,49$, в III и IV – $+0,34$ в каждой. Однако, несмотря на повсеместное увеличение значений среднегодовой температуры воздуха, в последнее десятилетие отмечается замедление ее роста.

Повышение температуры воздуха зафиксировано практически во все месяцы года, исключение составляет зимний период, где по данным отдельных метеостанций отмечается небольшое похолодание. Так, например, в I зоне в январе и декабре наблюдается уменьшение температуры воздуха. На территории других зон по данным некоторых метеостанций в эти месяцы также проявляется незначительное снижение температуры воздуха, однако в среднем по каждой зоне за этот сезон температура воздуха все же повышается. Наибольшая скорость роста для II–IV зон характерна для весны и лета. В I зоне скорость потепления весной значительная, а летом и осенью здесь, как и осенью в III и IV зонах, потепление выражено слабее. Осенью во II зоне скорость роста температуры воздуха близка к весенним и осенним месяцам здесь.

Выполненный анализ показал, что изменения температуры воздуха на юге Сибири в зоне, относящейся к области континентального климата, практически в течение всего года связаны с циркуляционным механизмом, описываемым скандинавским телеконнекционным индексом. В областях резко континентального климата его влияние несколько уменьшается, особенно летом, хотя он и остается ведущим фактором в отдельные месяцы. Существенное влияние на термический режим исследуемой территории оказывает также арктическое колебание.

Поскольку исследуемая территория является наиболее освоенной в отношении таких чувствительных к климатическим изменениям отраслей экономики, как сельское и лесное хозяйство, результаты проведенных исследований необходимо учитывать при разработке превентивных механизмов адаптации экономики к изменению климата на региональном уровне.

Благодарности. Климатические показатели по территории Забайкальского края исследовались в рамках государственного задания по теме «Механизмы обеспечения

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов 21 в.» (№ FUFР-2021-0001); анализ климатических данных по другим территориям юга Сибири осуществлен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028).

Acknowledgments. *Climatic indicators for the territory of the of Zabaykalsky Krai were studied as part of the state assignment, topic 'Mechanisms for ensuring economic sustainability and environmental safety in a new development model of the regions of the East of the Russian Federation in the context of cross-border relations and global challenges of the 21st century' (No. FUFР-2021-0001); analysis of climatic data for other territories of southern Siberia was carried out with the financial support of the Russian.*

Библиографический список

1. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения: 22.05.2019).
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка предстоящего климата на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2009. № 11. С. 15–29.
3. Дзюба А.В., Панин Г.Н. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 5–27.
4. Ипполитов И.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., Морару Е.И. Изменчивость климата азиатской территории России в 1975–2012 годах // География и природные ресурсы. 2014. № 4. С. 13–21.
5. Караханян А.А. Долговременные изменения атмосферной циркуляции и климата на территории Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 12. С. 1104–1106.
6. Климатическая доктрина Российской Федерации (от 17 декабря 2009 г. № 861-рп). 2009. 19 с.
7. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В., Ильин С.Н. Изменения климатов пограничного слоя атмосферы Сибири в период глобального потепления. Ч. 1. Аномалии и тренды температуры воздуха // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23. № 11. С. 942–950.
8. Лобанов В.А., Тоцакова Г.Г. Особенности и причины современных климатических изменений в России // Географический вестник. 2016. № 3(38). С. 79–89.
9. Медведков А.А. Адаптация к климатическим изменениям: глобальный эколого-экономический тренд и его значение для России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 4. С. 11–19. doi: 10.18384/2310-7189-2018-4-11-19.
10. Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.: распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2019 г. № 3183-р. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/OTrFMr1Z1sORh5N1x4gLUsdgGHyWIAqy.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).
11. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74.
12. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Неоднородность изменения температурного режима Земли в XIX–XXI столетиях // Географический вестник. 2011. № 3(18). С. 46–58.
13. Подрезов О.А., Подрезов А.О. Современное потепление климата северного и северо-западного Кыргызстана // Географический вестник. 2015. № 3 (34). С. 56–66.
14. Редникова Т.В. Меры адаптации к климатическим изменениям: совершенствование экологического законодательства Российской Федерации в свете присоединения к Парижскому соглашению по климату // Союз криминалистов и криминологов. 2020. № 4. С. 122–127. doi: 10.31085/2310-8681-2020-4-208-122-127.
15. Рыбакова М.В. Социокультурные аспекты изучения адаптации к климатическим изменениям // Социологические исследования. 2010. № 5. С. 137–140.
16. Семенов М.А., Высоцкий А.А., Пащенко В.И. Прогноз адаптивных приспособлений в лесном хозяйстве в связи с возможными климатическими изменениями // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 5(371). С. 57–69. doi: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.57.
17. Стоцкунте Ю.В., Василевская Л.Н. Многолетние изменения температуры воздуха и почвы на крайнем Северо-Востоке России // Географический вестник. 2016. № 2(37). С. 84–96.
18. Харюткина Е.В., Логинов С.В., Ипполитов И.И. Роль радиационных и циркуляционных факторов в изменении климата западной Сибири в конце XX и начале XXI веков // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52. № 6. С. 651–659.

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

19. Чернышева Л.С., Платонова В.А., Примачев Е.В. Динамика термических условий разных полугодий в умеренных широтах Азии // Географический вестник. 2014. № 1(28). С. 79–93.
20. Чугункова А.В., Пыжжев А.И., Пыжжева Ю.И. Влияние глобального изменения климата на экономику лесного и сельского хозяйства: риски и возможности // Актуальные проблемы экономики и права. 2018. Т. 12. № 3. С. 523–537. doi: 10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537.
21. Шкляев В.А., Шкляева Л.С., Мандыт Д.Т. Особенности пространственного и сезонного изменения температуры воздуха в Республике Тыва // Географический вестник. 2010. № 1(12). С. 68–77.
22. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Особенности долговременных изменений характеристик вегетационных периодов в Пермском крае // Географический вестник. 2012. № 2(21). С. 68–73.
23. Шульгина Т.М., Богомолов В.Ю., Генина Е.Ю., Гордов Е.П. Изучение поведения температуры на территории Сибири по данным наблюдений и реанализа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S17. С. 275–279.

Reference

1. Bulygina, O.N., Razuvaev, V.N., Trofimenko, L.T., Shvec, N.V. “Opisanie massiva dannyh srednemesjachnoj temperatury vozduha na stancijah Rossii”, *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2014621485*, available at: <http://meteo.ru/data/156-temperature#opisanie-massiva-dannyh> (Accessed 22 may 2019).
2. Gruza, G.V., Ran'kova, Je.Ja. (2009), “Ocenka predstojashhego klimata na territorii Rossijskoj Federacii”, *Meteorologija i gidrologija*, no. 11, pp. 15–29.
3. Dzjuba, A.V., Panin, G.N. (2007), “Mehanizm formirovanija mnogoletnih napravlennyh izmenenij klimata v proshedshem i tekushhem stoletijah”, *Meteorologija i gidrologija*, no. 5, pp. 5–27.
4. Ippolitov, I.I., Loginov, S.V., Harjutkina, E.V., Moraru, E.I. (2014), “Izmenchivost' klimata aziatskoj territorii Rossii v 1975–2012 godah”, *Geografija i prirodnye resursy*, no. 4, pp. 13–21.
5. Karahanjan, A.A. (2005), “Dolgovremennye izmenenija atmosfernoj cirkuljacii i klimata na territorii Sibiri”, *Optika atmosfery i okeana*, vol. 18, no. 12, pp. 1104–1106.
6. Klimaticheskaja doktrina Rossijskoj Federacii (ot 17 dekabrya 2009 g. № 861-рр) (2009), 19 p.
7. Komarov, V.S., Lomakina, N.Ja., Lavrinenko, A.V., Il'in, S.N. (2010), “Izmenenija klimatov pogranichnogo sloja atmosfery Sibiri v period global'nogo poteplenija”, *Chast' 1. Anomalii i trendy temperatury vozduha*, *Optika atmosfery i okeana*, vol. 23, no. 11, pp. 942–950.
8. Lobanov, V.A., Toshhakova, G.G. (2016), “Osobennosti i prichiny sovremennyh klimaticheskikh izmenenij v Rossii”, *Geograficheskij bulletin*, no. 3(38), pp. 79–89.
9. Medvedkov, A.A. (2018), “Adaptacija k klimaticheskim izmenenijam: global'nyj jekologo-jekonomicheskij trend i ego znachenie dlja Rossii”, *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Serija: Estestvennyj nauki*, no. 4, pp. 11–19. doi: 10.18384/2310-7189-2018-4-11-19.
10. Ob utverzhenii nacional'nogo plana meroprijatij pervogo jetapa adaptacii k izmenenijam klimata na period do 2022 g. rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 25 dekabrya 2019 g. № 3183-р (2019), available at: <http://static.government.ru/media/files/OTrFMr1Z1sORh5NIx4gLUsdgGHyWIAqy.pdf> (Accessed 26Feb2021).
11. Paromov, V.V., Zemcov, V.A., Kopysov, S.G. (2017), “Klimat Zapadnoj Sibiri v fazu zamedlenija poteplenija (1986–2015 gg.) i prognozirovanie gidroklimaticheskikh resursov na 2021–2030 gg.”, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, vol. 328, no. 1, pp. 62–74.
12. Perevedencev, Ju.P., Shantalinskij, K.M. (2011), “Neodnorodnost' izmenenija temperaturnogo rezhima Zemli v XIX–XXI stoletijah”, *Geograficheskij bulletin*, no. 3(18), pp. 46–58.
13. Podrezov, O.A., Podrezov, A.O. (2015), “Sovremennoe poteplenie klimata severnogo i severo-zapadnogo Kyrgyzstana”, *Geograficheskij bulletin*, no. № 3(34), pp. 56–66.
14. Rednikova, T.V. (2020), “Mery adaptacii k klimaticheskim izmenenijam: sovershenstvovanie jekologicheskogo zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii v svete prisoedinenija k Parizhskomu soglasheniju po klimatu”, *Sojuz kriminalistov i kriminologov*, no. 4, pp. 122–127. doi: 10.31085/2310-8681-2020-4-208-122-127.
15. Rybakova, M.V. (2010), “Sociokul'turnye aspekty izuchenija adaptacii k klimaticheskim izmenenijam”, *Sociologicheskie issledovanija*, no. 5, pp. 137–140.
16. Semenov, M.A., Vysockij, A.A., Pashhenko, V.I. (2019), “Prognoz adaptivnyh prispособlenij v lesnom hozjajstve v svjazi s vozmozhnymi klimaticheskimi izmenenijami”, *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurna*, no. 5(371), pp. 57–69. doi: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.57.
17. Stochkute, Ju.V., Vasilevskaja, L.N. (2016), “Mnogoletnie izmenenija temperatury vozduha i pochvy na krajnem Severo-Vostoke Rossii”, *Geograficheskij bulletin*, no. 2(37), pp. 84–96.
18. Harjutkina, E.V., Loginov, S.V., Ippolitov, I.I. (2016), “Rol' radiacionnyh i cirkuljacionnyh faktorov v izmenenii klimata zapadnoj Sibiri v konce XX i nachale XXI vekov”, *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana*, vol. 52, no. 6, pp. 651–659.
19. Chernysheva, L.S., Platonova, V.A., Primachev, E.V. (2014), “Dinamika termicheskikh uslovij raznyh polugodij v umerennyh shirotah Azii”, *Geograficheskij bulletin*, no. 1(28), pp. 79–93.

Метеорология

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л.

20. Chugunkova, A.V., Pyzhev, A.I., Pyzheva, Ju.I. (2018), "Vlijanie global'nogo izmenenija klimata na jekonomiku lesnogo i sel'skogo hozjajstva: riski i vozmozhnosti", *Aktual'nye problemy jekonomiki i prava*, vol. 12, no. 3, pp. 523–537. doi: 10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537.

21. Shkljaev, V.A., Shkljaeva, L.S., Mandyt, D.T. (2010), "Osobennosti prostranstvennogo i sezonnogo izmenenija temperatury vozduha v Respublike Tyva", *Geograficheskij bulletin*, no. 1(12), pp. 68–77.

22. Shkljaev, V.A., Ermakova, L.N., Shkljaeva, L.S. (2012), "Osobennosti dolgovremennyh izmenenij harakteristik vegetacionnyh periodov v Permskom krae", *Geograficheskij bulletin*, no. 2(21), pp. 68–73.

23. Shul'gina, T.M., Bogomolov, V.Ju., Genina, E.Ju., Gordov, E.P. (2009), "Izuchenie povedenija temperatury na territorii Sibiri po dannym nabljudenij i reanaliza", *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, no. S17, pp. 275–279.

Поступила в редакцию: 17.03.2021

Сведения об авторах

About the authors

Елена Викторовна Носкова

канд. геогр. наук, младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук;
672002, Россия, г. Чита, а/я 1032

Elena V. Noskova

Candidate of Geographical Sciences, Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
P.O. Box 1032, Chita, Russia, 672002

e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru

Виктор Афанасьевич Обязов

доктор географ. наук, технический директор, ООО НПО «Гидротехпроект»;
199155, Россия, г. Санкт-Петербург, а/я 136

Victor A. Obyazov

Doctor of Geographic Sciences, Technical Director, NPO Gidrotekhproekt LLC,
P.O. Box 136, St. Petersburg, Russia, 199155

e-mail: obviaf@mail.ru

Ирина Леонидовна Вахнина

канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук;
672002, Россия, г. Чита, а/я 1032
Старший научный сотрудник Сибирской дендрохронологической лаборатории, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Irina L. Vahnina

Candidate of Biological Sciences, Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
P.O. Box 1032, Chita, Russia, 672002
Senior Researcher, Siberian Dendrochronological Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: vahnina_il@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л. Изменения приземной температуры воздуха на юге Сибири и их взаимосвязь с крупномасштабными циркуляционными процессами в атмосфере // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 2(57). С. 75–84. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-75-84.

Please cite this article in English as:

Noskova, E.V., Obyazov, V.A., Vahnina, I.L. (2021). Variations in the surface air temperature in the south of Siberia and their relationship with large-scale circulation processes in the atmosphere. *Geographical bulletin*. No. 2(57). Pp. 75–84. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-75-84.

УДК: 551.582.2

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-2-84-95

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И МЕСЯЧНОЙ СУММЫ ОСАДКОВ В Г. ПЕРМИ**Валерий Нагимович Аптуков**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8048-3804>, Scopus Author ID: 6601983443, Author ID: 11997
e-mail: aptukov@psu.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

© Аптуков В.Н., Митин В.Ю., 2021

