

Х.Б. Куулар¹

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

АННОТАЦИЯ

В данной работе представлена оценка трендов температуры воздуха на метеорологических станциях Республики Тыва в период 1961–2016 гг. Многолетние тренды температуры, вычисленные для каждого месяца, послужили основой для анализа годового хода трендов температуры на каждой станции. Республика Тыва расположена в южной части гор Южной Сибири. Климат республики – резко континентальный, характеризуется большой изменчивостью температуры, как в их суточном, так и в годовом ходе. Над территорией региона преобладает антициклональная сухая и ясная погода. Особенности климата определяются условиями циркуляции атмосферы – воздействием азиатского максимума зимой и азиатской депрессии летом. Средняя годовая температура в республике составила $-3,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$ (1961–1990 гг.). Распределение осадков по сезонам года неодинаково: за тёплый период выпадает 80–87 % осадков (годовые осадки 180–325 мм), за холодный период года – 20–13 %.

Глобальное потепление сопровождается изменениями регионального климата и сезонными особенностями. В период 1975–2016 гг. в регионе в холодное время года температура повысилась на $1,3^\circ\text{C}$, в тёплое время года – на 1°C по сравнению с периодом 1960–1990 гг. Начало XXI века стало самым тёплым за время инструментальных наблюдений за температурой. В период 2000–2016 гг. в тёплое время года температура повысилась на $1,3^\circ\text{C}$, а в холодное время года – на $1,9^\circ\text{C}$. Январь был с отрицательным трендом, что указывает на рост экстремальных температур воздуха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

потепление климата, температура воздуха, атмосферные осадки

ВВЕДЕНИЕ

Согласно результатам климатического анализа, проведённого Росгидрометом, наибольшее потепление на территории России происходит с 1975 г. В горах Южной Сибири потеплело зимой до $2\text{--}4^\circ\text{C}$, а летом на 1°C [Чебакова, Парфенова, 2006]. В Алтае-Саянском экорегионе средняя скорость потепления в течение 1976–2008 гг. составила $0,58^\circ\text{C}/10$ лет [Изменение климата..., 2011].

Анализ климатических данных и выявление региональных особенностей текущих изменений климата – ключ к пониманию изменений климата. Горные районы являются прекрасным полигоном для мониторинга изменений климата. Республика Тыва относится к числу регионов, где рост температуры идёт с большими значениями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами использованы ряды среднемесячных значений температуры воздуха и суммы осадков на метеостанциях, расположенных на территории региона. При оценке изменения климата нами были использованы данные Тувинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ВНИИГМИ-МЦД [Булыгина и др., <http://meteo.ru>].

¹ Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН; 667007, Россия, Республика Тыва, Кызыл, ул. Интернациональная, 117а; e-mail: k-k-188@list.ru

Анализ многолетних данных температуры и сумм осадков метеостанций позволил выявить общие тенденции в изменениях климата республики. Основным анализ многолетних данных проводился усреднением данных метеостанций. Наиболее подробный анализ сделан с 1961 по 2016 гг. Для оценки изменения климата применены процедуры сглаживания и осреднения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Климат региона – резко континентальный, характеризуется большой изменчивостью температуры, как в их суточном, так и в годовом ходе. В течение всего года над территорией преобладает антициклональная сухая и ясная погода. Особенности климата определяются условиями циркуляции атмосферы – воздействием азиатского максимума в холодное время года и азиатской депрессии в тёплое время года.

По условиям обеспеченности влагой регион относится к районам недостаточного увлажнения: сумма годовых осадков составляет $261 \pm 80,3$ мм. Распределение осадков по сезонам года неодинаково: за тёплый период выпадает в среднем около 80–87 % (сумма годовых количеств 180–325 мм), из которых только 20–13 % за всю зиму. Максимум осадков приходится на июль и август, это вызывает заметные колебания температуры воздуха. Летом осадки выпадают часто в виде ливней. Наиболее сухими являются западная, южная и центральная части региона с годовыми осадками 130–230 мм. В лесной части республики выпадают 300–370 мм осадков в год. Тёплый период года характеризуется неустойчивостью атмосферной циркуляции и частой сменой северо-западных ветров на юго-восточные. Скорость ветра может превышать 6 м/с. Холодный период со средней суточной температурой воздуха ниже 0°C продолжается от 5 до 6,5 месяцев, сумма значений отрицательной температуры составляет $\sim -3100^\circ\text{C}$.

По данным метеостанций на период 1961–1990 гг. среднегодовая температура в республике составила $-3,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$, среднегодовое количество осадков – 255 мм. Потепление на территории региона наблюдалось с 1975 г. в основном в холодное время года [Kuular, 2015]. Самым тёплым в период 1975–2005 гг. считается период с 1985 по 2004 гг., когда потепление средней температуры холодного периода года (XI–III мес.) составило на $1,3^\circ\text{C}$ по сравнению с базовым периодом (1961–1990 гг.). По сезонам наибольшим потеплением отличается зимний период (с ноября по март): температура превысила норму на $1,1 \pm 0,04^\circ\text{C}$, весна (апрель–май) потеплела на $0,8 \pm 0,03^\circ\text{C}$, осень (сентябрь – октябрь) – на $0,6 \pm 0,02^\circ\text{C}$, лето (июнь–август) – на $0,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в период 1975–2005 гг. Значительное повышение температуры воздуха пришлось на первые четыре месяца (с января по апрель). Из среднемесячных температур наибольший рост температуры был в феврале, и потепление было на $1,86^\circ\text{C}$. Средняя температура января превысила норму на $1 \pm 0,04^\circ\text{C}$. Летняя температура повысилась и превысила норму на $0,6 \pm 0,04^\circ\text{C}$. Отмечены перепады экстремальных зимних и летних температур от $-56,1$ до $+37,3^\circ\text{C}$. По доступным данным среднегодовая сумма осадков увеличилась на 13,1 мм.

В период 2006–2016 гг. среднегодовая температура превысила норму на $1,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$, средняя температура июля – на $3,1 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Средняя температура января имеет отрицательную аномалию, т. е. понизилась от нормы на $-0,1 \pm 0,6^\circ\text{C}$. В данном периоде средняя температура октября стала положительной. Зимние месяцы (марта, октября) стали аномально тёплыми, отклонение от нормы на 2,8 и $2,6^\circ\text{C}$.

Изменение температуры с началом потепления по сезонам представлено в таблице 1. Потепление в период 1975–2016 г. превысило климатическую норму на $1,1^\circ\text{C}$. Рост температуры воздуха наиболее значителен в первые четыре месяца года (на $1,4^\circ\text{C}$), летние аномалии несколько ниже (на $0,8^\circ\text{C}$). Среднегодовая температура на территории республики повысилась в период 1975–2005 гг. на $0,9 \pm 0,8^\circ\text{C}$, в период 1985–2015 гг. – на $1,3 \pm 0,7^\circ\text{C}$, 2000–2016 г. рост температуры воздуха на $1,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Таблица 1. Отклонение температуры по сезонам
Table 1. Deviation of seasonal temperature

Периоды, годы	Зима, °С	Весна, °С	Лето, °С	Осень, °С
1975–2016	1,3±0,4	1,0±0	0,8±0,1	0,7±0,1
2000–2016	1,7±0,2	1,5±0,2	1,4±0	1,0±0,1

Распределение осадков в республике по сезонам года неодинаково: за тёплый период выпадает в среднем около 100–280 мм при годовом количестве 120–340 мм. В динамике осадков за 1961–2016 гг. наблюдается чередование увеличения и сокращения годовых сумм осадков [Куулар, 2016]. Разность между осадками базового периода и осадками за 1975–2016 гг. и 2006–2016 гг. составляют всего несколько миллиметров. Однако в процентах от многолетней нормы различия большие (таблица 2). В последнее десятилетие наблюдается уменьшение осадков в тёплый период года на 12,7 % и развитие засушливых условий в южных районах.

Таблица 2. Изменение суммы осадков
Table 2. Change in the amount of precipitation

Периоды, годы	XI–III мес., %	IV–X мес., %	XI–III мес., %	IV–X мес., %
	южная часть региона		остальная часть региона	
1975–2016	4,3	-14,4	5,7	8,4
2006–2016	7,9	-12,7	9	12

Суммы активных температур ($T > 10$ °С) за период с 1961 по 2016 гг. на большей части территории увеличились на 200–280 °С. Между $T > 10$ °С и средней температурой теплого периода отмечается высокая степень корреляции ($r = 0,86$). Отмеченное активное потепление сказывается на увеличении теплообеспеченности. Гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова на территории республики уменьшился в течение периода 1961–2016 гг. (Таблица 3), что и показывает рост засушливости вегетационного сезона.

Таблица 3. Гидротермический коэффициент в период 1961–2015 гг.
Table 3. Hydrothermal coefficient in 1961–2015.

Периоды	ГТК
1961–1990	0,90
1975–2005	0,84
2000–2016	0,78

На фоне среднего потепления климата увеличивается число дней с экстремально высокими и низкими температурами, а также продолжительность волн тепла и холода. В 2007 г. высокая температура, средняя температура в республике была на 2,6 °С выше по отношению к показателям периода 1961–1990 гг., в 2015 г. – на 2,6 °С, в 1997 г. – на 2,4 °С, в 2002 г. – на 2,3 °С, в 1998 г. – на 2,2 °С, в 2014 и 2001 гг. – на 2,1 °С. Рекордным стало число жарких дней по продолжительности периода жары и абсолютной температуре воздуха. Лето 2002, 2007, 2015, 2016 гг. стали самыми теплыми за весь период наблюдений: средняя температура воздуха за летний сезон превысила климатическую норму на 2,6 °С, 2,1 °С, 2,1 °С, 2,3 °С.

ВЫВОДЫ

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы. Определены особенности регионального проявления глобального потепления климата. Потепление было во все сезоны года, а существенный вклад внесли зимние и весенние сезоны.

В период исследования самым тёплым был 2007 г., аномалия среднегодовой температуры составила на +2,7 °С, аномалия средней температуры января – на +5,5 °С. Самым холодным годом был 1969 г., отклонение от нормы среднегодовой температуры воздуха составила -1,7 °С.

Анализ температуры воздуха за интенсивный период потепления 1975–2005 гг. показал, что рост температуры воздуха на территории Республики Тыва превышает темпы роста в Северном полушарии в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бульгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры на станциях России. Режим доступа: <http://meteo.ru>.
2. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / Под ред. А.О. Кокорина; Всемирный фонд дикой природы (WWF России). – М., 2011. – 168 с.
3. Куулар Х.Б. Мониторинг потепления климата в Республике Тыва по данным наблюдений // Естественные и технические науки. – 2016. – № 12. – С. 153–157.
4. Чебакова Н.М., Парфенова Е.И. Прогноз продвижения границ леса при изменении к концу 20 века в Средней Сибири // Вычислительные технологии. – Т.11. – Ч. 3. – 2006. – С. 77–87.
5. Kuular Kh. Peculiarities of climate in the Tyva Republic in the 20th and 21st centuries. Russian Meteorology and Hydrology. – 2015. – No 1. – Vol. 40. – Pp. 34–38.

Khulermaa B. Kuular¹

REGIONAL CLIMATE CHANGE IN THE TYVA REPUBLIC

ABSTRACT

This paper summarizes the results of research on long-term variability of anomalies of annual temperatures in the Tyva Republic. The climate in the region is sharp continental, characterized by large temperature variability, both in diurnal and annual course. Anticyclone dry and clear weather dominates over the territory of the region. Multi-year temperature trends calculated for each month served as a basis for analysis of annual cycle of temperature trends at each station for the period of 1961-2016. The average annual temperature amounted to -3.4 ± 1.1 °C (1961-1990). Precipitation distribution is varied, for warm period precipitation is higher 80-87 % (annual precipitation is 180-325 mm), and for cold period precipitation is very low, about 20-13 %. Global warming is accompanied by changes in regional climate and seasonal features. The average annual air temperatures during 1975-2005 represent the warmest years. This is also reflected in the trends of the average monthly, seasonal and annual air temperatures. When comparing the long-term average air temperature in the period of 1975-2016 with the 1961-1990 period, from November to March increased by 1.3 °C and from April to October – by 1°C. The first years of the 21st century were the warmest years in the history of meteorological measurements in republic. During the period of 2000-2016 was one of, in the cold season the temperature increased by 1.9 °C and in

¹ FSBIS Tuvianian Institute for Exploration Natural Resources SB RAS; 667007, Tyva Republic, Russia, Kyzyl, Internationalnaya 117a; e-mail: k-k-188@list.ru

the warmer time of the year – by 1.3 °C. However, it was frosty during January. This trend indicates an increased risk of higher fluctuations of the air temperature in the republic.

KEYWORDS:

climate warming, air temperature, precipitation

REFERENCES

1. Bulygina O.N. Razuvayev V.N., Trofimenko L.T., Shvets N.V. Opisanie massiva dannykh srednemesyachnoy temperatury na stantsiyakh Rossii [Description of the dataset of mean monthly temperature at stations of Russia], <http://meteo.ru> (in Russian).
2. *Izmenenie klimata i ego vozdejstvie na ekosistemy, naselenie i hozyajstvo rossijskoj chasti Altae-Sayanskogo ekoregiona: ocenochnyj doklad* [Climate change and its impact on ecosystems, population and the economy of the Russian part of the Altai-Sayan Ecoregion: assessment report]. Pod red. A.O. Kokorina; Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF Rossii), Moscow: 2011, 168 p. (in Russian).
3. Kuular Kh.B. Monitoring potepneniya klimata v Respublike Tyva po dannym nablyudeniya [Monitoring of climate warming in the Tuva Republic according to the observations]. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki*, 2016, No 12, pp. 153–157 (in Russian).
4. Tchebakova N.M., Parfenova E.I. Prognoz prodvizheniya granits lesa pri izmenenii k kontsu 20 veka v Sredney Sibiri [Forecasting the advance forest boundaries in condition of change by the end of the 20th century in Central Siberia], *Vychislitelnyye tekhnologii*, T.11, Ch. 3, 2006, pp. 77–87 (in Russian).
5. Kuular Kh. Peculiarities of climate in the Tyva Republic in the 20th and 21st centuries. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2015, No 1, Vol. 40, pp. 34–38.

УДК 551.502(470.325)

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-209-219

А.Н. Петин¹, М.Г. Лебедева², М.А. Петина³, Ю.Г. Чендев⁴, О.В. Крымская⁵

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

АННОТАЦИЯ

Наблюдаемое в XX–XXI вв. глобальное потепление проявляется в разных регионах Земли и особенно ярко проявляется в последние годы. На юге Центрально-Чернозёмного региона, где расположена Белгородская область, климатические изменения наиболее значимы для сельскохозяйственной отрасли экономики. Происходящие климатические изменения требуют своего картографического оформления для создания теоретической основы оптимизации сельскохозяйственного производства.

¹ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ»; Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; *e-mail*: petin@bsu.edu.ru

² ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ»; Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; *e-mail*: lebedeva_m@bsu.edu.ru

³ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ»; Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; *e-mail*: petina_m@bsu.edu.ru

⁴ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ»; Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; *e-mail*: chendev@bsu.edu.ru

⁵ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ»; Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; *e-mail*: krymskaya@bsu.edu.ru