

## ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭКСТРЕМУМОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Густокашина Н.Н., Максютова Е.В.

*Институт географии им.В.Б.Сочавы СО РАН, 664033 г. Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1,  
[nadya@irigs.irk.ru](mailto:nadya@irigs.irk.ru)*

*Нами были проанализированы многолетние ряды как среднегодовых значений температуры воздуха, так и ряды абсолютных максимумов и минимумов температуры на территории Предбайкалья за период с 1951 г. по 1995 г. Высокие коэффициенты корреляции отмечаются между рядами среднегодовых температур (до 0,97) и между рядами абсолютных минимумов (0,59-0,86), в то время как корреляция абсолютных максимумов более слабая (0,14-0,69). Наибольшие изменения в сторону повышения наблюдаются у минимальных температур воздуха (до 2°С/10 лет), что на порядок превышает аналогичные характеристики для абсолютных максимумов. В рядах температуры наиболее часто встречаются колебания с периодами 2-4 года, 10-12 лет, что соответствует общепризнанным квазидвухлетним и 11-летним циклам.*

Проблема изменения климата привлекает к себе пристальное внимание исследователей и находится в ряду важнейших естественнонаучных вопросов, при этом температура воздуха является одним из важнейших показателей климатической системы.

Климатические изменения обычно изучают на основе средних метеорологических величин разного масштаба (с различным временным разрешением). Однако средние не являются наблюдаемыми величинами и требуют соответствующей интерпретации: учета соотношения периодов осреднения, оценки дисперсий и т.п. Изменения климата по-разному проявляются на региональном уровне. Для оценки возможных последствий изменений климата и их влияния на окружающую среду и экономику необходимы более полные данные для конкретных регионов и при этом нужны скорее данные о климатических экстремумах, а не просто об изменении средних (Ранькова Э.Я., Груза Г.В., 1998). Поэтому определенный научный и практический интерес представляет исследование таких климатических характеристик, как экстремальные значения непосредственных изменений метеорологических величин. В отличие от средних, экстремальные значения обладают большей изменчивостью и меньшей повторяемостью.

При изучении изменений климата необходимы данные отдельных метеорологических станций, равномерно расположенных на территории. Для оценки глобальных изменений климата существует архив станционных данных. Применительно к региону Северной Евразии обычно анализируются ряды метеорологических характеристик 55 станций за период с 1901 г. (формирование архива начато Н.А. Багровым). Когда же мы переходим на региональный уровень, возникает проблема, связанная с недостатком информационной базы. Как известно, период инструментальных метеорологических наблюдений ограничен. На территории Предбайкалья, например, он начинается с 1882 г. (Иркутск), т.е. составляет около 120 лет. В основном же станции располагают менее длинными рядами (от 20 до 60 лет). И, к сожалению, при максимально возможном точечном насыщении территории информацией, сокращается период одновременных наблюдений. Встает вопрос о выборе периода (т.е. о дате его начала и продолжительности) для корректной оценки климатических изменений в различных физико-географических условиях. Некоторые авторы условно делят весь ряд наблюдений на десятилетия или несколько равных периодов (Голицын, 2004, Новороцкий, 2004, Костюков, 1999 и др.). Другие (Иванько, 2002, Пудовкин, 1999, Башкирцев, 2004, Сизов, 2000) и нам кажется это логичным, предлагают рассматривать те или иные природно-климатические процессы в пределах определенных солнечных циклов, а затем сравнивать полученные результаты между собой. Исследования многих авторов показывают, что реальные климатические ряды содержат повторяющиеся циклы. Солнечная активность – один из определяющих глобальных факторов климатообразования. В

изменениях отдельных элементов климата Земли мы, несомненно, находим отклик на циклические колебания процессов происходящих на солнце.

В настоящей работе нами были проанализированы многолетние ряды как среднегодовых значений температуры воздуха, так и ряды абсолютных максимумов и минимумов температуры на территории Предбайкалья за период с 1951 г. по 1995 г. Для этого были использованы ряды среднесуточной температуры воздуха из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [<http://www.meteo.ru/data/mdata.htm>] для 7 станций рассматриваемой территории (рис. 1).



Рис.1. Карта-схема расположения метеорологических станций.

Нами были проанализированы коэффициенты корреляции между рассматриваемыми температурными характеристиками с одной стороны и солнечной активностью, выраженной через числа Вольфа, и формами атмосферной циркуляции по А.А.Гирсу с другой (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции температуры воздуха с числами Вольфа и формами атмосферной циркуляции**

	Среднегодовая				Абсолютный минимум				Абсолютный максимум			
	Числа Вольфа	W	E	C	Числа Вольфа	W	E	C	Числа Вольфа	W	E	C
Иркутск	-0.01	0.45	-0.35	0.03	-0.02	0.29	-0.14	-0.13	-0.08	0.18	-0.07	0.06
Киренск	0.06	0.43	-0.36	0.04	-0.08	0.35	-0.28	0.02	-0.31	0.04	-0.01	-0.03
Витим	0.10	0.40	-0.31	0.01	-0.04	0.26	-0.22	0.04	-0.14	0.10	-0.06	-0.02
Ербогачен	0.05	0.41	-0.36	0.09	-0.14	0.29	-0.22	-0.01	0.11	-0.06	-0.02	0.11
Жигалово	0.02	0.44	-0.33	-0.00	-0.19	0.28	-0.17	-0.07	-0.08	-0.05	-0.00	0.07
Нижнеудинск	0.12	0.44	-0.32	-0.02	-0.08	0.38	-0.28	-0.01	0.07	0.10	-0.05	-0.05
Бодайбо	0.07	0.37	-0.33	0.08	-0.07	0.28	-0.24	-0.04	-0.16	0.02	0.02	-0.07

На рассматриваемых станциях линейная зависимость изменений температурного режима от колебаний солнечной активности почти не прослеживается. Коэффициенты имеют различные знаки, а по модулю, в большинстве случаев не превышают 0,1.

Наибольшая обратная зависимость с числами Вольфа получена для ряда абсолютных максимальных температур на станции Киренск (-0,31). Более качественная связь рядов температуры воздуха отмечается с формами атмосферной циркуляции. Причем это утверждение справедливо только относительно средних и абсолютных минимальных температур. Мы наблюдаем прямую зависимость с западной (W) и обратную с восточной (E) формой циркуляции. Наши результаты подтверждают выводы, сделанные другими авторами о том, что связь между отдельными элементами климата и солнечной активностью имеет региональный характер, и, кроме того, знак корреляции не стабилен во времени (Чистяков, 1997). На эти особенности существенно влияет циркуляция воздушных масс в атмосфере.

За рассматриваемый период (1951-1995 гг.) на территории Предбайкалья среднегодовые температуры воздуха составляют от -6,9 °С (ст. Ербогачен) до 0,0 °С (ст. Иркутск) (табл. 2). Отмечается рост среднегодовых температур воздуха со скоростью от 0,36 °С/10лет (ст. Киренск, Нижнеудинск) до 0,54 °С/10лет (ст. Витим).

Таблица 2

**Величины (°С) и тенденции изменения (°С/10лет) температуры воздуха на территории Предбайкалья за период 1951-1995 гг.**

Метеостанции	Температура воздуха					
	среднегодовая		абс. максимум		абс. минимум	
	значение	тренд	значение	тренд	значение	тренд
Иркутск	0,0	0,47	31,7	0,18	-37,3	1,99
Бодайбо	-5,2	0,4	34,3	0,04	-47,9	1,5
Киренск	-4,3	0,36	33,1	0,11	-50,7	1,16
Витим	-5,4	0,54	33,2	0,01	-51,8	1,08
Ербогачен	-6,9	0,42	32,4	0,2	-54,2	0,97
Жигалово	-4,1	0,38	33,3	0,22	-47,8	1,92
Нижнеудинск	-1,2	0,36	32,1	0,11	-42,3	0,85

Величины абсолютных максимумов наибольшие на севере территории (34,3 °С ст. Бодайбо), наименьшие – в ее южной части (31,7 °С ст. Иркутск). Тенденции изменения абсолютных максимумов температуры воздуха также положительные и составляют 0,01 °С/10лет (ст. Витим) – 0,22 °С/10лет (ст. Жигалово).

Величины абсолютных минимумов изменяются от -54,2 °С (ст. Ербогачен) до -37,3 °С (ст. Иркутск), при этом отмечается их рост со скоростью 0,85÷1,99 °С/10лет.

Таким образом, при общей положительной тенденции изменения среднегодовых и экстремальных величин температур воздуха, наибольшие изменения наблюдаются у минимальных температур воздуха – до 2 °С/10 лет, что на порядок превышает аналогичные характеристики для абсолютных максимумов (до 0,2 °С/10лет). Это еще раз подтверждает то, что наибольший вклад в изменение средних годовых температур вносят температуры воздуха холодного периода. В связи с различной скоростью изменения абсолютных экстремумов происходит уменьшение абсолютной амплитуды температуры от -0,38 °С/10 лет (Киренск) до -1,7 °С/10 лет (Жигалово).

Нами были рассмотрены тенденции изменения температурных экстремумов в пределах циклов солнечной активности (1954-1963 гг., 1964-1975 гг., 1976-1985 гг., 1986-1995 гг.). За период 1954-1963 гг. тенденции изменения абсолютной максимальной температуры воздуха разнонаправлены, но на большей части станций они отрицательны (-0,3÷-1,4 °С/10 лет), при этом абсолютные минимумы росли со скоростью 0,4÷2,9 °С/10 лет, что в итоге привело к росту среднегодовой температуры воздуха на 1,8÷2,3 °С/10 лет.

За период 1964-1975 гг. на большинстве станций происходит рост абсолютной максимальной температуры воздуха со скоростью 0,3÷3,1 °С/10 лет и абсолютной минимальной температуры воздуха со скоростью 2,4÷4,7 °С/10 лет, среднегодовые температуры воздуха также имеют положительную тенденцию изменения 0,2÷1,3 °С/10 лет.

За период 1976-1985 гг. абсолютная максимальная температура воздуха на большинстве станций уменьшалась со скоростью -0,4÷-4,8 °С/10 лет, а абсолютная

минимальная температура воздуха росла –  $0,7 \div 4,8$  °C/10 лет, при этом и среднегодовые температуры увеличивались со скоростью  $0,3 \div 0,9$  °C/10 лет.

За период 1986-1995 гг. происходит рост экстремальных и среднегодовых температур: тренд абсолютных максимумов –  $0,7 \div 2,7$  °C/10 лет, абсолютных минимумов –  $5,0 \div 10,3$  °C/10 лет, среднегодовых –  $1,3 \div 2,9$  °C/10 лет. В этот период наблюдалась наибольшая скорость роста среднегодовых и абсолютных минимальных температур на  $2,9$  °C/10 лет (ст.Витим) и  $10,3$  °C/10 лет (ст. Бодайбо) соответственно.

При общей тенденции роста абсолютных минимальных и среднегодовых температур в периоды циклов солнечной активности, в изменениях абсолютных максимумов происходит последовательная смена тенденций роста и падения.

Сходство механизмов изменения средних и экстремальных температур на рассматриваемой территории подтверждается достаточно высокими коэффициентами линейной корреляции (табл. 3).

В широтном направлении связи более существенны, чем в долготном. Так, при почти одинаковом расстоянии между метеорологическими станциями Жигалово–Киренск и Жигалово–Нижнеудинск (около 390 км) коэффициенты для среднегодовых и абсолютных максимальных температур воздуха существенно различаются. Они составляют 0,88 и 0,94, 0,38 и 0,54 соответственно. Это еще раз говорит о преобладании в регионе, особенно в теплое время года, западно-восточного переноса над меридиональной циркуляцией. Близкие по значению коэффициенты корреляции (0,77 и 0,75) между рядами абсолютных минимальных температур на этих же станциях говорят о господствующем влиянии в зимнее время года одного из основных центров действия атмосферы – азиатского антициклона. Хотя и в это время года более тесные связи между рядами температуры воздуха, как в среднемесячных, так и в экстремальных ее значениях отмечаются для станций расположенных на одной широте. Причем высоким широтам соответствуют большие коэффициенты. С увеличением расстояния между метеорологическими станциями величины коэффициентов для всех рассматриваемых температурных характеристик уменьшаются (рис.2).

Таблица 3

### Коэффициенты корреляции

	Иркутск	Киренск	Витим	Ербогачен	Жигалово	Нижнеудинск
<i>Среднегодовая температура воздуха</i>						
Киренск	0,81					
Витим	0,79	0,85				
Ербогачен	0,78	0,84	0,97			
Жигалово	0,94	0,88	0,81	0,80		
Нижнеудинск	0,91	0,84	0,79	0,76	0,94	
Бодайбо	0,80	0,95	0,93	0,94	0,83	0,78
<i>Абсолютная минимальная температура воздуха</i>						
Киренск	0,69					
Витим	0,66	0,86				
Ербогачен	0,66	0,81	0,81			
Жигалово	0,85	0,77	0,70	0,64		
Нижнеудинск	0,78	0,70	0,61	0,59	0,75	
Бодайбо	0,69	0,83	0,82	0,69	0,77	0,68
<i>Абсолютная максимальная температура воздуха</i>						
Киренск	0,39					
Витим	0,36	0,68				
Ербогачен	0,18	0,57	0,68			
Жигалово	0,58	0,38	0,29	0,30		
Нижнеудинск	0,70	0,30	0,19	0,14	0,54	
Бодайбо	0,40	0,60	0,72	0,48	0,32	0,23

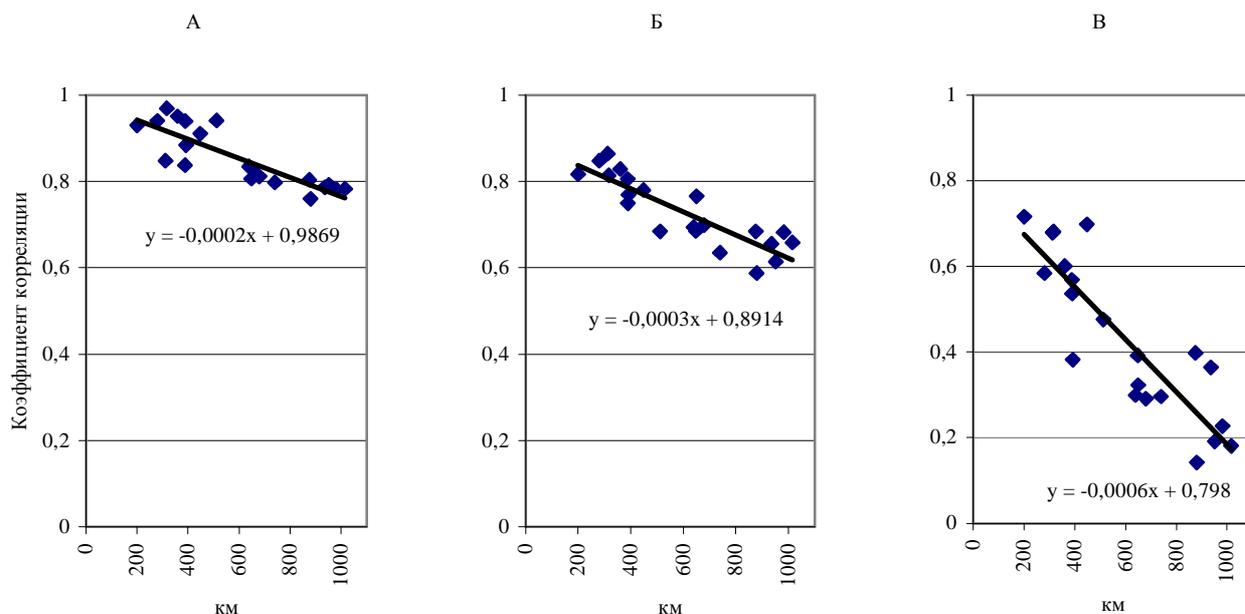


Рис. 2. Изменение коэффициентов корреляции между рядами среднегодовой (А), абсолютной минимальной (Б), абсолютной максимальной (В) температуры воздуха в зависимости от расстояния между метеорологическими станциями

Наиболее чувствительно на изменение расстояния реагируют абсолютные максимальные температуры. Через каждые 100 км величина коэффициента корреляции уменьшается на 0,06. Для среднегодовых и абсолютных минимальных температур это изменение составляет 0,02 и 0,03, соответственно. Это можно объяснить тем, что в формировании температурного режима территории значительная роль принадлежит местным физико-географическим условиям, а различия в их влиянии более существенны в теплое время года. Также нельзя не учитывать роль циркуляционных факторов как глобального, так и регионального и локального уровня, которые изменяются в течение года. В среднем же коэффициенты корреляции на рассматриваемой территории составляют: для среднегодовых температур – 0,85, при максимальной величине 0,97 (Ербогачен–Витим), минимальной – 0,76 (Ербогачен–Нижеудинск); для абсолютных минимальных температур – 0,73, при максимальной величине 0,86 (Киренск–Витим), минимальной – 0,59 (Ербогачен–Нижеудинск); для абсолютных максимальных температур – 0,43, при максимальной величине 0,72 (Витим–Ербогачен), минимальной – 0,14 (Ербогачен–Нижеудинск)

В качестве метода исследования структуры колебаний температуры воздуха нами была выбрана спектральная функция, эффективность применения которой для выявления скрытой периодичности в метеорологических рядах доказана многими авторами (Дроздов, 1971, Филиппов, 1974, Дружинин, 1982 и др.). В рядах среднегодовых температур воздуха чаще других встречаются 22-х и 3-4-летние периоды, в рядах абсолютных минимальных температур – 6-7-летние, в рядах абсолютных максимальных температур – 5-6-ти летние, во всех рядах присутствуют квазидвухлетние периоды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 05-05-97236 и проекта 16.7 программы Президиума РАН.*

Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Переменность солнца и климат Земли // Солнечно-земная физика. – 2004. – Вып. 6. – С. 135-137.

Голицын Г.С., Ефимова Л.К., Мохов И.И., Тихонов В.А., Хон В.Ч. Долгопериодные изменения режима температуры и осадков в Санкт-Петербурге по эмпирическим данным и модельные оценки региональных изменений в прошлом и будущем // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 8. – С. 5-17.

Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат. - 1971.- 157 с.

Дружинин И.П., Кукушкина В.П. Прогнозы развития природных явлений. – Новосибирск: Наука. СО. – 1982. – 160 с.

Иванько Я.М. Солнечная цикличность и моделирование изменчивости экстремальных климатических характеристик Восточной Сибири. // Циклы. Материалы IV Международной конференции. СевКавГТУ, Ставрополь, 2002.

Костюков В.В., Леженин А.А., Топоров В.М., Черникова М.И. Оценка изменчивости регионального климата, водных и агроклиматических ресурсов Западной Сибири // География и природные ресурсы. - 1999. - №1. - С.85-92.

Новороцкий П.В. Многолетние изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в бассейне Нижнего Амура // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 5. – С.55-62.

Пудовкин М.И., Морозова А.Л. Проявление 22-летнего цикла солнечной активности в вариациях индексов температуры и увлажнения в Швейцарии с 1700 по 1989 г. // Геомагнетизм и аэрономия. – 1999. – Том.39. – № 2. – С.34-39.

Ранькова Э.Я., Груза Г.В. Индикаторы изменений климата России // Метеорология и гидрология, 1998, № 1, с. 5-18.

Сизов А.А. Изменчивость гидрометеорологических полей в районе Черного моря в разные фазы 11-летнего цикла солнечной активности // Метеорология и гидрология – 2000. – № 10. – С.85-92.

Филиппов А.Х. Грозы Восточной Сибири. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 76 с.

Чистяков В.Ф. Солнечные циклы и колебания климата // Тр. Уссурийской астрофизической обсерватории. - Владивосток: Дальнаука. - 1997. - Вып.1. - 156 с.

## **CHANGE OF TEMPERATURE EXTREMA ON THE TERRITORY OF PREBAIKALIA**

Nadezhda N. Gustokashina, Elena V. Maksjutova

*We had been analysed long-term numbers both mid-annual values of the air temperature and the absolute maxima and minima numbers of temperature on the Territory of Prebaikalia for the period from 1951 till 1995. High correlation factors are marked between numbers of mid-annual temperatures (up to 0,97) and between numbers of absolute minima (0,59-0,86), while the correlation of absolute maxima is weaker (0,14-0,69). The greatest changes aside increase are observed at the minimal air temperatures - on the average 2 °C/10 years, that exceeds similar characteristics for absolute maxima. Fluctuations with the periods of 2-4 years and 10-12 years occur of most often in the temperature ranks and that corresponds to conventional cycles of approximately 2 and 11-years long.*