

УДК 551.583

## Современные изменения атмосферных осадков в Горном Алтае

А.Г. Зяблицкая<sup>1</sup>, Н.С. Малыгина<sup>2</sup>, Т.В. Барляева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

<sup>2</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул)

<sup>3</sup>CNRS-INSU (г. Марсель)

*Работа выполнена при поддержке гранта программы Президиума РАН 4.11  
«Реконструкция процессов опустынивания в Центральной Азии по ледникам  
и ледниковым комплексам» (№ 01201260630).*

В последние десятилетия прошлого века отмечены заметные климатические изменения во многих районах Земли [1]. При этом многочисленные модели показывают, что изменения климата различной степени интенсивности будут в будущем продолжаться и особенно резко проявляться в горных регионах. В настоящей работе представлены результаты статистического анализа режима выпадения осадков в Горах Алтая за 1940–2012 гг. Они показали, что максимальный рост годовых осадков (39,5 мм/10лет) наблюдался по данным станции Кара-Тюрек в 1940–1979 гг., при этом значения для теплого (апрель – октябрь) и холодного сезонов были практически равны. Менее значительное увеличение годового количества осадков наблюдалось для станции Кош-Агач (4,2 мм/10 лет), при этом существенный вклад в рост осадков внес теплый сезон. Отрицательные значения линейных трендов для обоих сезонов и года были получены по данным станции Усть-Кокса. Для 1980–1999 гг. по данным ст. Усть-Кокса были получены положительные тренды, так же как и для ст. Кара-Тюрек, в то время как по данным ст. Кош-Агач для обоих сезонов и года были получены отрицательные значения трендов. Для третьего периода (2000–2012 гг.) существенные отрицательные сезонные и годовой (–109,2 мм/10лет) линейные тренды были получены для ст. Усть-Кокса, в то время как для ст. Кош-Агач и Кара-Тюрек были определены положительные годовые тренды, обусловленные значительным вкладом теплого сезона (37,4 и 63,9 мм/10 лет соответственно) на фоне отрицательных значений трендов холодного сезона. Применение вейвлет-анализа к годовым данным по количеству осадков на рассматриваемых станциях позволило выявить статистически значимые высокочастотные сигналы для ст. Кош-Агач в середине 1970-х и 1980-х гг. (с периодами от 2 до 3 лет) и для ст. Кара-Тюрек, также в середине 1970-х и дополнительно в середине 1990-х гг. (с периодами от 3 до 6 лет). Для ст. Усть-Кокса были определены статистически значимые низкочастотные сигналы в 1995–2000 гг. (с периодами 6–8 лет) и в 1965–1975 гг. (с периодами от 10 до 14 лет).

*Ключевые слова:* атмосферные осадки; изменения; Горный Алтай.

## Введение

В последние десятилетия отмечены заметные климатические изменения во многих районах Земли, особенно в средних и высоких широтах Северного полушария [1–4]. При этом изменения климата в горных регионах (например, в Альпах) на различных высотах происходят с разной степенью интенсивности и порой имеют разнонаправленный характер [5]. Среди климатических параметров изменения осадков изучены значительно хуже, чем изменения приземной температуры воздуха, что связано в первую очередь со сложной физической природой самого явления, а также с наличием существенных различий в методике наблюдений в разных регионах земного шара и в разные исторические периоды. В результате накопленные данные инструментальных наблюдений за атмосферными осадками оказываются более неоднородными как в пространстве, так и во времени, чем для температуры воздуха. Несмотря на это, проведенные исследования показывают, что в целом для территории России и для ее регионов (кроме Приамурья и Приморья) отмечается некоторое увеличение средних годовых сумм осадков, что особенно заметно в Западной и Центральной Сибири [6]. При этом тенденции современных изменений атмосферных осадков в горных территориях Сибири имеют ряд особенностей, обусловленных влиянием гипсометрического фактора, барьерного эффекта и ряда других показателей.

Таким образом, детальное изучение современных изменений атмосферных осадков в пределах Горного Алтая, расположенного на юге Западной Сибири и на стыке трех климатов – западносибирского, монгольского и среднеазиатского [7], представляет несомненный интерес.

Первые обобщения и характеристика особенностей климата Горного Алтая встречаются в работе М.В. Тронова [7], который указал на большую увлажненность периферических частей Алтая от северо-востока и до юго-запада, по сравнению с глубинными станциями Алтая. Однако по мере накопления фактических данных проводились более детальные исследования климатических параметров территории. Среди таких работ стоит отметить кандидатские диссертации В.И. Русанова [8] и Б.М. Кривоносова [9, 10]. Результаты изучений отдельных климатических характеристик территории были освещены в ряде публикаций в сборниках «Гляциология Алтая» и «Гляциология Сибири»: например, К.И. Поповой [11] было выделено три типа годового хода атмосферных осадков в Горном Алтае.

В начале XXI в. вышла монография Т.Д. Модиной и М.Г. Суховой [12], в которой рассматриваются условия формирования климатов Алтая. Особая роль отводится влиянию рельефа на атмосферные процессы в макро- и мезоциркуляционных масштабах. Также представлена типизация местных климатов долин и котловин и выделены типы и подтипы местных климатов, произведена их оценка и дана характеристика для агропроизводственных целей.

М.В. Сыромятиной [13] были выявлены пространственно-временные особенности современных изменений климата на Алтае на основе рядов среднемесячных значений температур воздуха и количества осадков по данным 14 метеостанций Алтая за период 1935 (40) – 2004 гг. Попытки вычленения циклической составляющей в изменении сезонных температур воздуха и количества осадков были осуществлены с применением спектрального

анализа. Результаты исследований показали, что наиболее четко в изменении климатических показателей во все сезоны проявляются высокочастотные колебания с периодом 2–3,5 года, или квазидвухлетний цикл атмосферной циркуляции. Циклы продолжительностью 10–11,7 лет в той или иной степени проявляются во всех рядах, но наиболее четко выражены в изменении средней летней температуры.

В ряде работ [14–16] были проанализированы данные метеостанций Алтая (с 1961 по 2005 г.), расположенных в различных физико-географических условиях. Анализ распределения атмосферных осадков за период с 1980 по 2005 г. показал, что в 1980–1995 гг. количество атмосферных осадков было ниже нормы, а в 1996–2001 г. сумма осадков возросла и превысила норму, но в 2001–2005 гг. разность между климатической нормой и годовой суммой осадков вновь стала отрицательной. В 2011 г. вышел оценочный доклад по изменению климата в российской части Алтае-Саянского экорегиона [6]. Для характеристики современного климата в данной работе принят период 1976–2005 гг., дана характеристика современного климата и его изменений.

В целях уточнения современных тенденций изменений климата Алтае-Саянского экорегиона А.Б. Шамакиным и Н.Ф. Харламовой [17] были рассчитаны параметры трендов температуры воздуха и количества осадков для 22 гидрометеостанций (ГМС) за 1966–2009 гг. В работе показано, что зимние максимумы осадков выросли примерно на 20 мм. Летние суммы осадков за 1990–2009 гг. существенно не изменились.

### Материалы и методики исследования

Для изучения современных изменений атмосферных осадков теплого и холодного периодов, а также года в пределах Горного Алтая были использованы ежедневные данные, полученные по материалам натуральных наблюдений на ГМС Горного Алтая – Усть-Кокса, Кош-Агач и Кара-Тюрек (рис. 1, табл. 1), размещенные на официальном сайте ВНИИГМИ МЦД [10] за период с января 1940 г. по сентябрь 2012 г. Для продления рядов в 2012 г. (октябрь – декабрь) использовались данные по количеству осадков по срокам наблюдений с сайта оперативных метеорологических данных [19]. Суммы осадков для теплого (апрель – октябрь) и холодного (ноябрь – март) периодов года, а также годовые суммы осадков рассчитывались на основе суточных массивов за исследуемый период.

Таблица 1. Основные характеристики метеорологических станций

Метеорологическая станция	Координаты	Высота, м	Расположение внутри региона	Особенности рельефа	Временной охват, гг.	Кол-во лет
Усть-Кокса	50.3° с.ш., 85.6° в.д.	978	Центральный Алтай	Широкая замкнутая котловина	1940–2012	72
Кош-Агач	50.0° с.ш., 88.4° в.д.	1760	Юго-Восточный Алтай	Замкнутая котловина	1940–2012	72
Кара-Тюрек	50.0° с.ш., 86.4° в.д.	2600	Центральный Алтай	Водораздел	1940–2012	72

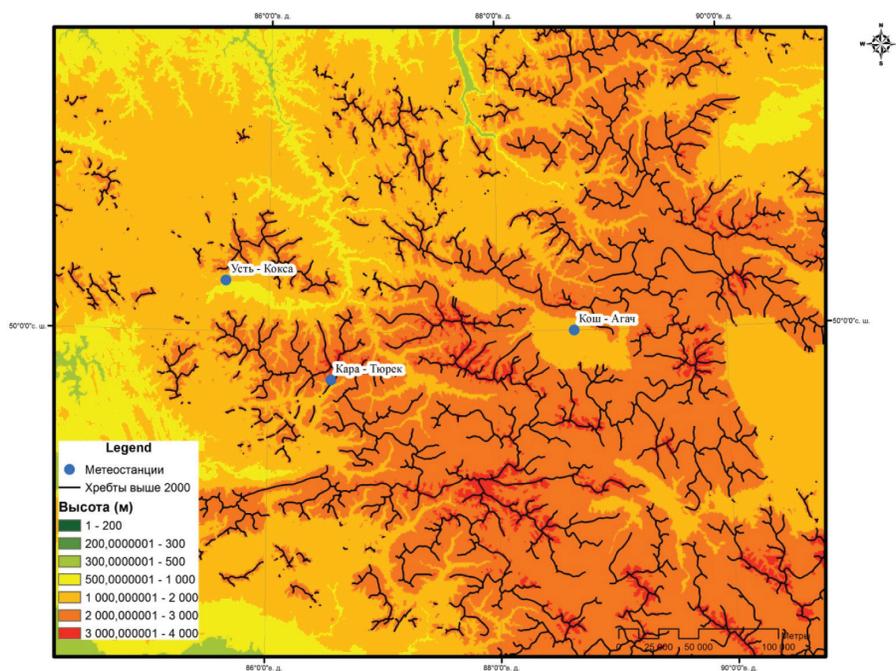


Рис. 1. Орографическое положение метеостанций Центрального и Юго-Восточного Алтая

## Результаты исследования и обсуждение

Для оценки изменений количества атмосферных осадков по данным каждой метеостанции были рассчитаны среднегодовые и среднесезонные показатели для климатической нормы (1961–1990 гг.) и исследуемого периода (1940–2012 гг.). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Средние значения за климатическую норму (1961–1990 гг.) и исследуемый период (1940–2012 гг.)

Метеорологическая станция	Среднее количество осадков за климатическую норму 1961–1990 гг., мм			Среднее количество осадков за исследуемый период 1940–2012 гг., мм		
	Теплый сезон	Холодный сезон	Год	Теплый сезон	Холодный сезон	Год
Усть-Кокса	378,4	72,3	450,8	385,6	76,2	462,0
Кош-Агач	105,7	17,2	122,9	99,8	16,4	116,2
Кара-Тюрек	476,3	104,3	580,5	467,8	93,5	561,3

При этом в теплый сезон года были включены месяцы с апреля по октябрь, а в холодный – с ноября по март. Среднее количество осадков для года и сезонов для Усть-Коксы больше за период 1940–2012 гг., чем за климатическую норму, в то время как для Кош-Агача и Кара-Тюрека – наоборот. Наличие отличий по станциям между двумя рассматриваемыми временными периодами подтолкнуло нас к выделению временных интервалов внутри самого продолжительного рассматриваемого периода, так как он включает в себя и климатическую норму.

В качестве опорных временных интервалов были приняты: 1940–1979 гг., 1980–1999 гг. и 2000–2012 гг., в течение которых отмечались существенные изменения климатических параметров (температуры воздуха) в Русском и Монгольском Алтае [20].

Тренды для всего исследуемого периода (как годовые, так и по сезонам) представлены в табл. 3. Максимальные темпы увеличения годовых осадков наблюдаются для метеостанции Кара-Тюрек (26,4 мм/10 лет), что происходит в основном за счет увеличений значений осадков в теплый сезон, в то время как на ст. Усть-Кокса и Кош-Агач темпы увеличения осадков практически на порядок меньше, а для холодного сезона наблюдаются снижения осадков (–0,9 мм/10 лет).

Таблица 3. Годовые и сезонные линейные тренды для 1940–2012 гг., мм/10 лет

Метеорологическая станция	Теплый сезон	Холодный сезон	Год
Усть-Кокса	1,8	–0,9	0,7
Кош-Агач	4,3	–0,9	3,4
Кара-Тюрек	18,5	7,9	26,4

При рассмотрении изменений для трех временных интервалов были получены следующие результаты (табл. 4). Максимальный рост годовых осадков (39,5 мм/10лет) наблюдался по данным станции Кара-Тюрек в 1940–1979 гг., при этом значения для теплого и холодного сезонов были практически равны. Менее значительное увеличение годового количества осадков наблюдалось для метеостанции Кош-Агач (4,2 мм/10 лет), при этом существенный вклад в рост осадков внес теплый сезон. Отрицательные значения линейных трендов для обоих сезонов и года были получены по данным метеостанции Усть-Кокса, имеющей незначительную (по сравнению с двумя другими станциями) высоту и расположенную практически на «борту» Уймонской котловины. Для второго временного интервала (1980–1999 гг.) по данным метеостанции Усть-Кокса были получены положительные тренды, так же как и для ст. Кара-Тюрек, в то время как по данным ГМС Кош-Агач для обоих сезонов и года были получены отрицательные значения трендов. Для третьего периода (2000–2012 гг.) существенные отрицательные сезонные и годовой (–109,2 мм/10 лет) линейные тренды были получены для станции Усть-Кокса. Для станций Кош-Агач и Кара-Тюрек были получены положительные годовые тренды, обусловленные значительным вкладом трендов теплого сезона (37,4 и 63,9 мм/10 лет соответственно) на фоне отрицательных значений трендов холодного сезона.

Таблица 4. Годовые и сезонные линейные тренды для 1940–1979 гг., 1980–1999 гг. и 2000–2012 гг., мм/10 лет

Метеорологическая станция	1940–1979 гг.			1980–1999 гг.			2000–2012 гг.		
	Теплый сезон	Холодный сезон	Год	Теплый сезон	Холодный сезон	Год	Теплый сезон	Холодный сезон	Год
Усть-Кокса	–1,1	–3,7	–4,8	9,8	5,8	15,6	–88,5	–20,7	–109,2
Кош-Агач	4,7	0,9	4,2	–15,7	–2,9	–18,6	37,4	–0,8	36,6
Кара-Тюрек	18,7	21,5	39,5	9,9	0,9	10,8	63,9	–37,0	26,8

Однонаправленные изменения в трендах осадков в первом и третьем временных интервалах на станциях Кош-Агач и Кара-Тюрек связаны с тем, что схожие синоптические процессы, относящиеся к группе «нарушение зональности» для первого интервала и «меридиональной северной» группе [21] для третьего интервала обуславливают выпадение осадков на данных станциях. Выпадение осадков в Усть-Коксе в эти же интервалы обусловлены синоптическими процессами, относящимися к «меридиональной северной» группе циркуляций для первого интервала и «меридиональной южной» группе для третьего интервала. Что касается однонаправленных изменений во втором интервале по данным станций Усть-Кокса и Кара-Тюрек, то они обусловлены синоптическими процессами, практически равнозначно относящимися как к «меридиональной северной» группе, так и к «меридиональной южной» группе. В Кош-Агаче выпадение осадков в этот же интервал было обусловлено преимущественно синоптическими процессами, относящимися к «меридиональной южной» группе циркуляций [22].

Для выявления периодичностей в изменениях осадков данные метеостанций для года в целом были проанализированы с применением вейвлет-анализа. В настоящей работе использован пакет программ по обработке рядов данных с применением вейвлет-анализа, разработанный А. Гринстедом для среды MATLAB. Базовой вейвлет-функцией служил вейвлет «Морле» при значении безразмерного параметра  $\omega_0 = 6$ . Результаты визуализируются в виде амплитудно-частотного спектра. Статистически значимые сигналы (уровень значимости 5% против «красного» шума) обведены на спектре жирными линиями; за достоверные принимались результаты, которые попадают внутрь «конуса доверия», учитывающего краевые эффекты и отмеченного на спектре. «Карта цветов» спектра соответствует значениям амплитуд.

Применение вейвлет-анализа к годовым данным по количеству осадков на рассматриваемых станциях позволило выявить статистически значимые высокочастотные сигналы для ст. Кош-Агач в середине 1970-х и 1980-х гг. (с периодами от 2 до 3 лет) и для ст. Кара-Тюрек, также в середине 1970-х гг., и дополнительно в середине 1990-х гг. (с периодами от 3 до 6 лет). Для ст. Усть-Кокса были определены статистически значимые низкочастотные сигналы в 1995–2000 гг. (с периодами 6–8 лет) и в 1965–1975 гг. (с периодами от 10 до 14 лет) (рис. 2).

Проявление высокочастотных колебаний в исследуемых рядах, по нашему мнению, связано с влиянием атмосферной циркуляции, которой также присущи периодические колебания. В частности, для Северо-Атлантического колебания (NAO) характерна периодичность 2–3 года [23, 24]. Влияние этой осцилляции на изменчивость климата Алтая была показана в работе [25], на климат Западной Сибири – в работах [26, 27]. Кроме того, Южная осцилляция (Эль-Ниньо), имеющая цикличность от 3 до 8 лет (наиболее часто повторяющийся 3,6-летний цикл), также может влиять на климат Центральной Азии [24]. Вариации с периодами 8–14 лет могут быть связаны как с NAO, которая имеет свою собственную периодичность продолжительностью в 8,3 года (например, [23, 24]), так и с циклом солнечной активности с периодом около 10,8 года [28, 29]. Следует отметить, что влияние солнечной активности на климатические изменения на Алтае было показано по реконструкциям ледникового ядра Белуха [25].

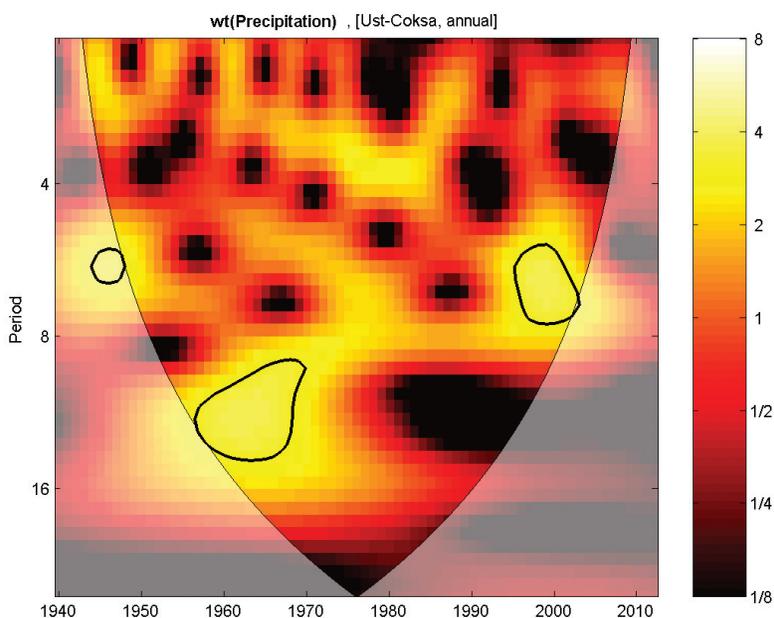


Рис. 2. Вейвлет-спектр годовых осадков по данным метеостанции Усть-Кокса

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования современных изменений осадков на Алтае показали следующее. Максимальный рост годовых осадков в 1940–1979 гг. наблюдался по данным станции Кара-Тюрек, при этом менее значительное увеличение отмечалось для метеостанции ст. Кош-Агач, а для ст. Усть-Кокса были получены отрицательные значения линейных трендов.

Для временного интервала 1980–1999 гг. по данным ст. Усть-Кокса и Кара-Тюрек были получены положительные тренды, в то время как по данным ст. Кош-Агач для обоих сезонов и года были получены отрицательные значения трендов.

Для третьего интервала (2000–2012 гг.) существенные отрицательные сезонные и годовой линейные тренды были получены для ст. Усть-Кокса, в то время как для станций Кош-Агач и Кара-Тюрек были определены положительные годовые тренды, обусловленные значительным вкладом теплого сезона на фоне отрицательных значений трендов холодного сезона. С применением метода вейвлет-анализа к годовым данным по количеству осадков были выявлены статистически значимые высокочастотные сигналы для рядов атмосферных осадков ст. Кош-Агач и Кара-Тюрек и низкочастотные — для ст. Усть-Кокса.

### Литература

- [1] Четвертый оценочный доклад Первой рабочей группы МГЭИК. 2007 г. URL: [www.climatechange.ru](http://www.climatechange.ru)
- [2] Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З. Базы данных об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России и результаты статистического анализа // Метеорология и гидрология. 2009. № 11. С. 5–14.
- [3] Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39, № 2. С. 166–185.

- [4] Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–21.
- [5] Appenzeller C., Begert M., Zenklusen E., Scherrer S.C. Monitoring climate at Jungfraujoch in the high Swiss Alpine region // Science of The Total Environment. 2008. Vol. 391, № 2, 3. P. 262–268.
- [6] Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том I: Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 228 с.
- [7] Тронов М.В. Очерки оледенения Алтая. М.: Географгиз, 1949. 376 с.
- [8] Русанов В.И. Климат Центрального Алтая: дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 1955. 349 с.
- [9] Кривонос Б.М., Ревакин В.С. Климат Горного Алтая. Томск: Изд-во ТГУ, 1971. С. 74–96.
- [10] Кривонос Б.М. Климаты Горного Алтая: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 1975. 16 с.
- [11] Попова К.И. О типах годового хода атмосферных осадков в Горном Алтае // Гляциология Алтая. 1972. Вып. VII. С. 169–174.
- [12] Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск: Универсал. кн. изд-во, 2007. 180 с.
- [13] Сыромятина М.В. Современные изменения климата и элементов высотной поясности ландшафтов Алтая: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2010. 18 с.
- [14] Сухова М.Г., Журавлева О.В., Тенгерекоева Т.А. Региональный аспект изменения климата (на примере Алтая) // Вестник молодых ученых: сб. науч. трудов. 2007. № 4. С. 71–75.
- [15] Сухова М.Г., Модина Т.Д. Современные изменения температурного режима воздуха и режима увлажнения на Алтае как проявление регионального изменения климата // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 2 (5). С. 14–18.
- [16] Аванесян Р.А., Сухова М.Г. Направленность современных изменений основных гидрометеорологических характеристик Алтайской горной области // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. URL: [www.science-education.ru/100-5219](http://www.science-education.ru/100-5219)
- [17] Шмакин А.Б., Харламова Н.Ф. Современные изменения климата Алтае-Саянского экорегиона // Климатология и гляциология Сибири: материалы Междунар. науч.-практич. конф. (г. Томск, 16–20 октября, 2012 г.) / под общ. ред. В.П. Горбатенко, В.В. Севастьянова. Томск: Изд-во ЦНТИ, 2012. С. 313–315.
- [18] *Meteo.ru* – Климат – Климат и экономика. URL: [http://www.meteo.ru/climate/sp\\_clim.php](http://www.meteo.ru/climate/sp_clim.php)
- [19] *Расписание погоды*. URL: <http://r5.ru>
- [20] Bezuglova N.N., Zinchenko G.S., Malygina N.S. et al. Response of high-mountain Altai thermal regime to climate global warming of recent decades // Theor. Appl. Climatol. 2012. Vol. 110. P. 595–605, doi: 10.1007/s00704-012-0710-2.
- [21] Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
- [22] Malygina N., Papina T. Investigation of atmospheric circulation patterns and precipitation variability for interpretation of the Altai ice core records // DACA-2013, Davos (Switzerland). 7–12 June 2013. URL: [http://www.daca-13.org/wsl/daca13/program/DACA-13\\_Abstract\\_Proceedings.pdf](http://www.daca-13.org/wsl/daca13/program/DACA-13_Abstract_Proceedings.pdf)
- [23] Cook E.R., D'Arrigo R.D. and Briffa K.R. A reconstruction of the North Atlantic Oscillation using tree-ring chronologies from North America and Europe // Holocene. 1998. Vol. 8. P. 9–17.
- [24] Garcia N.O., Gimeno L., De La Torre L. et al. North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain) // Atmosfera. 2005. Vol. 18. P. 25–32.
- [25] Eichler A., Olivier S., Henderson K. et al. Temperature response in the Altai region lags solar forcing // Geophys. Res. Lett. 2009. Vol. 36. L01808, doi:10.1029/2008GL035930.
- [26] Marshall J., Johnson H., Goodman J. Interaction of the North Atlantic Oscillation with ocean circulation // J. of Climate. 2001. Vol. 14, № 7. P. 1399–1421.
- [27] Ogi M., Tachibana Y., Yamazaki K. Impact of the wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the summer time atmospheric circulation // Geophys. Res. Lett. 2003. Vol. 30 (13). doi:10.1029/2003GL017280.
- [28] Benestad R.E. A review of the solar cycle length estimates // Geophys. Res. Lett. 2005. Vol. 32. doi:10.1029/2005GL023621.
- [29] Miyahara H., Yokoyama Y., Masuda K. Possible link between multi-decadal climate cycles and periodic reversals of solar magnetic field polarity // Earth and Planetary Science Letters. 2008. Vol. 272. P. 290–295.

## Сведения об авторах

**Зяблицкая Анна Георгиевна** — магистрант 2-го курса географического факультета ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» (г. Барнаул, Россия). E-mail: zajanna@mail.ru

**Мальгина Наталья Сергеевна** — кандидат географических наук, научный сотрудник Химико-аналитического центра ФГБУН Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул, Россия). E-mail: natmgn@gmail.com

**Барляева Татьяна Вячеславовна** — кандидат физико-математических наук, инженер-исследователь лаборатории астрофизики Университета ЭхсМарсель (г. Марсель, Франция). E-mail: tatiana.barlyeva@lam.fr

---

**Anna G. Zyblytskaya<sup>1</sup>, Natalia S. Malygina<sup>2</sup>, Tatiana V. Barlyeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>2</sup>Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia

<sup>3</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, CNRS-INSU, Marseille, France

This work was supported by the project of the Presidium of RAS IP 4.11. «Reconstruction of desertification in Central Asia on glaciers and glacial complexes» № 01201260630. The last decades of the past century showed noticeable climate changes in many parts of the Earth [1]. Numerous models suggest that the climate changes will continue, showing a variable intensity especially in mountain regions. We present statistical analysis on dynamics of precipitation regime in Altai Mountains for 1940–2012. The obtained results show that a maximal increase of annual precipitation (39,5 mm/10years) was observed at Kara-Tureck station in 1940–1979. The amplitudes of the increase for the warm (April–October) and for the cold (November – March) seasons were similar. Less significant increase of the annual precipitation was observed for Kosh-Agach station (4,2 mm/10years). The considerable input for this increase was done by warm season precipitation. Negative linear trends for annual data as well as for the warm and cold seasons were found for Ust-Koksa station for 1940–1979. Contrarily, the data of Ust-Koksa demonstrate positive trends for 1980–1999, as well as the data from Kara-Tureck station. But the data from Kosh-Agach station demonstrate negative linear trends for annual, warm and cold seasons. For the third considered time interval (2000–2012) significant negative seasonal and annual (-109,2 mm/10years) linear trends were observed for Ust-Koksa. Contrarily, for Kosh-Agach and Kara-Tureck stations positive linear trends in annual data were found. These trends can be caused by a superposition of a considerable input of the warm season precipitation (37,4 and 63,9 mm/10years, correspondingly) and less significant negative linear trends of cold seasons. Wavelet analysis application to the annual precipitation data for the considered stations allowed us to allocate statistically significant high-frequency signals for Kosh-Agach station at the middle of 1970-th and 1980-th (with periods of 2–3 years), for Kara-Tureck at the middle of 1970-th and 1990-th (with periods of 3–6 years). Statistically significant low-frequency signals were observed in the data of Ust-Koksa station at 1995–2000 (with periods of 6–8 years) and at 1965–1975 (with periods of 10–14 years).

*Keywords:* precipitation; changes; Gornyi Altai.

## References

- [1] Chetvertyj ochenochnyj doklad Pervoj rabochej grupy MGJeIK. 2007 g. URL: www.climatechange.ru
- [2] Bedrickij A.I., Korshunov A.A., Shajmardanov M.Z. Bazy dannyh ob opasnyh gidrometeorologicheskikh javlenijah na territorii Rossii i rezul'taty statisticheskogo analiza // *Meteorologija i gidrologija*. 2009. No. 11. P. 5–14.
- [3] Gruza G.V., Ran'kova Je.Ja. Kolebanija i izmenenija klimata na territorii Rossii // *Izvestija RAN. Fizika atmosfery i okeana*. 2003. T. 39, No. 2. P. 166–185.

- [4] Izrael' Ju.A., Gruza G.V., Katcov V.M., Meleshko V.P. Izmenenija global'nogo klimata. Rol' antropogennyh vozdeystvij // *Meteorologija i gidrologija*. 2001. No. 5. P. 5–21.
- [5] Appenzeller C., Begert M., Zenklusen E., Scherrer S.C. Monitoring climate at Jungfrauoch in the high Swiss Alpine region // *Science of The Total Environment*. 2008. Vol. 391, No. 2, 3. P. 262–268.
- [6] Ocenochnyj doklad ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii. Tom I: Izmenenija klimata. M. : Rosgidromet, 2008. 228 p.
- [7] Tronov M.V. Oчерки оледенения Алтая. М. : Географгиз, 1949. 376 p.
- [8] Rusanov V.I. Klimat Central'nogo Altaja : dis. ... kand. geogr. nauk. Tomsk, 1955. 349 p.
- [9] Krivonosov B.M., Revjakin B.C. Klimat Gornogo Altaja. Tomsk : Izd-vo TGU, 1971. P. 74–96.
- [10] Krivonosov B.M. Klimaty Gornogo Altaja : avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Tomsk, 1975. 16 p.
- [11] Popova K.I. O tipah godovogo hoda atmosfernih osadkov v Gornom Altaje // *Gljaciologija Altaja*. 1972. Vyp. VII. P. 169–174.
- [12] Modina T.D., Suhova M.G. Klimat i agroklimaticheskie resursy Altaja. Novosibirsk : Universal. kn. izd-vo, 2007. 180 p.
- [13] Syromjatina M.V. Sovremennye izmenenija klimata i jelementov vysotnoj pojasnosti landshaftov Altaja : avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. SPb., 2010. 18 p.
- [14] Suhova M.G., Zhuravleva O.V., Tengerekova T.A. Regional'nyj aspekt izmenenija klimata (na primere Altaja) // *Vestnik molodyh uchenyh* : sb. nauch. trudov. 2007. No. 4. P. 71–75.
- [15] Suhova M.G., Modina T.D. Sovremennye izmenenija temperaturnogo rezhima vozduha i rezhima uvlazhnenija na Altaje kak proyavlenie regional'nogo izmenenija klimata // *Mir nauki, kul'tury, obrazovanija*. 2007. No. 2 (5). P. 14–18.
- [16] Avanesjan R.A., Suhova M.G. Napravlennost' sovremennyh izmenenij osnovnyh gidrometeorologicheskikh harakteristik Altajskoj gornoj oblasti // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2011. No. 6. URL: [www.science-education.ru](http://www.science-education.ru). 100–5219
- [17] Shmakina A.B., Harlamova N.F. Sovremennye izmenenija klimata Altaje-Sajanskogo jekoregiona // *Klimatologija i gljaciologija Sibiri* : materialy Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (g. Tomsk, 16–20 oktjabrja, 2012 g.). pod obshh. red. V.P. Gorbatenko, V.V. Sevast'janova. Tomsk : Izd-vo CNTI, 2012. P. 313–315.
- [18] [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru) – Klimat – Klimat i jekonomika. URL: [http://www.meteo.ru/climate.sp\\_clim.php](http://www.meteo.ru/climate.sp_clim.php)
- [19] [Raspisanie pogody](http://rp5.ru). URL: <http://rp5.ru>
- [20] Bezuglova N.N., Zinchenko G.S., Malygina N.S. et al. Response of high-mountain Altai thermal regime to climate global warming of recent decades // *Theor. Appl. Climatol.* 2012. Vol. 110. P. 595–605, doi: 10.1007/s00704-012-0710-2.
- [21] Kononova N.K. Klassifikacija cirkuljacionnyh mehanizmov Severnogo polusharija po B.L. Dzerdzhevskomu. M. : Voentehinizdat, 2009. 372 p.
- [22] Malygina N., Papina T. Investigation of atmospheric circulation patterns and precipitation variability for interpretation of the Altai ice core records. DACA-2013, Davos (Switzerland). 7–12 June 2013. URL: [http://www.daca-13.org/wsl/daca13/program/DACA-13\\_Abstract\\_Proceedings.pdf](http://www.daca-13.org/wsl/daca13/program/DACA-13_Abstract_Proceedings.pdf)
- [23] Cook E.R., D'Arrigo R.D. and Briffa K.R. A reconstruction of the North Atlantic Oscillation using tree-ring chronologies from North America and Europe // *Holocene*. 1998. Vol. 8. P. 9–17.
- [24] Garcia N.O., Gimeno L., De La Torre L. et al. North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain). *Atmosfera*. 2005. Vol. 18. P. 25–32.
- [25] Eichler A., Olivier S., Henderson K. et al. Temperature response in the Altai region lags solar forcing. *Geophys. Res. Lett.* 2009. Vol. 36. L01808, doi:10.1029/2008GL035930.
- [26] Marshall J., Johnson H., Goodman J. Interaction of the North Atlantic Oscillation with ocean circulation // *J. of Climate*. 2001. Vol. 14, No. 7. P. 1399–1421.
- [27] Ogi M., Tachibana Y., Yamazaki K. Impact of the wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the summer time atmospheric circulation // *Geophys. Res. Lett.* 2003. Vol. 30 (13). doi:10.1029/2003GL017280.
- [28] Benestad R.E. A review of the solar cycle length estimates // *Geophys. Res. Lett.* 2005. Vol. 32. doi:10.1029/2005GL023621.
- [29] Miyahara H., Yokoyama Y., Masuda K. Possible link between multi-decadal climate cycles and periodic reversals of solar magnetic field polarity // *Earth and Planetary Science Letters*. 2008. Vol. 272. P. 290–295.