

УДК 551(510.53:590.21:510.4) (4)

**Каримов К.А.**,

*доктор физико-математ. наук, профессор*

**Гайнутдинова Р.Д.**,

*доктор физ.-мин.наук, ст.науч.сотр.*

**Жунушова Г.Ш.**,

*специалист*

**Крымская Д.Н.**,

*магистр физики*

## **РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В КЫРГЫЗСТАНЕ**

**Аннотация.** Представлены результаты многолетних исследований термического режима атмосферы над средними широтами Центрально азиатского региона, региональных особенностей и причин климатических изменений атмосферных параметров в Кыргызстане. Показано, что преобладают в основном две причины изменений регионального климата, связанные с природными источниками, такими, как солнечный, космический факторы и с техногенным фактором, приводящим к парниковому эффекту в атмосфере. Дана оценка роли и вклада этих двух факторов в процесс потепления. Получен частотный спектр вариаций температуры нижней атмосферы и параметров солнечной активности. Проведены эмпирические модельные расчеты изменений приземной температуры над Кыргызстаном.

**Ключевые слова:** атмосфера, температура, изменчивость, парниковые газы, климат, антропогенные и природные факторы.

## **КЫРГЫЗСТАНДА КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮШҮНҮН РЕГИОНАЛДЫК ӨЗГӨЧӨЛҮГҮ ЖАНА СЕБЕПТЕРИ**

**Аннотация.** Кыргызстанда атмосферанын параметрлерин климаттын өзгөрүшүнүн регионалдык өзгөчөлүгү жана себептери, Борбордук Азияда региондун орто кеңдиктердин атмосферанын термикалык режиминин көп жылдык изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары көрсөтүлгөн. Регионалдык климаттын өзгөрүшүнүн негизинде эки себеби көрсөтүлгөн, алар жаратылыш булагы менен байланышкан күн, космостук факторлору жана парниктеги эффектте жеткирген техногендик фактор. Жылуу болуу процессине бул эки факторлордун ролун жана салымын баалоо берилген. Төмөнкү атмосферанын температуранын жана күндүн активдүүлүгүн вариациялардын ылдамдыгын спектри чыгарылган.

Кыргызстандын жеринин температурасынын өзгөрүшүнүн негизги мезгилдүү түзүлүшү амплитудага жана фазага сезгич эмпирикалык моделдик эсептер өткөрүлгөн жана техногендик жаратылыш факторлорунун байланыш прогнозу берилген.

**Негизги сөздөр:** атмосфера, температура, өзгөргүчтүк, парниктеги газдар, климат, антропогендик жана табигый факторлор.

## REGIONAL PECULIARITIES AND REASONS OF CLIMATE CHANGE IN KYRGYZSTAN

**Abstract.** The results of long-year investigations of temperature regime of atmosphere above middle latitudes of Central Asia region, regional peculiarities and reasons of climatic changes of atmospheric parameters in Kyrgyzstan have been presented. It is shown that two reasons are prevailing in regional climate change which connected with natural sources as solar activity, cosmic factors and with technogenic factor resulted to greenhouse effect in the atmosphere. The estimation of role and contribution of these two factors into the warming process. The frequency spectra of temperature and solar parameters variations have been obtained.

The empirical modeling calculations of surface temperature changes in Kyrgyzstan taking into account amplitudes and phases of meaning periodical components have been conducted and its prognosis taking into account the technogenic and natural factors is given.

**Key words:** atmosphere, temperature, variability, greenhouse gases, climate, anthropogenic and natural factors.

Основные механизмы климатических изменений в атмосфере связаны с изменением потока приходящей солнечной радиации, астрономическими факторами, вариациями интенсивности космических лучей, вулканической деятельностью, парниковыми газами, внутренней изменчивостью климатических параметров, океанической деятельностью, геодинамикой земной коры, конвекцией вещества в мантии Земли, и другими факторами.

Среди этих механизмов солнечная активность является основным природным управляющим фактором изменения климата. Естественные колебания термодинамического режима атмосферы тесно связаны с изменением температуры поверхности океана. Антропогенный фактор обусловлен парниковым эффектом и связан в основном с ростом концентрации углекислого газа и других малых газовых составляющих.

Проблема исследования влияния долгопериодных вариаций солнечной активности на состояние температурного режима нижней атмосферы и изменения климата является актуальной на данном этапе. Начиная с 2000 г. начался спад солнечной активности, минимальный уровень которой наблюдается в настоящее время [1]. Этот же период может считаться началом «глобального похолодания». Глобальное потепление, наблюдаемое в 1979-2005 годы, является очередной фазой потепления в естественном фоновом цикле

глобальных вариаций температуры. Анализ данных измерений температуры по сети метеостанций Кыргызстана за последние годы выявил тенденцию спада средней температуры за холодное полугодие и спад среднегодовой температуры [1]. При этом данные измерений общего содержания углекислого газа указывают на дальнейший рост его концентрации в атмосфере при наблюдаемом спаде приземной температуры.

### Материалы и методы

В работе использованы данные измерений температуры по сети метеостанций (МС) Кыргызстана и параметры гелиогеофизической активности. При анализе многолетних статистических рядов метеорологических и гелиогеофизических параметров использовались физико-статистические методы анализа, скользящее сглаживание, корреляционный и Фурье анализы. Для выявления скрытых периодичностей использован спектральный анализ временных рядов методом вейвлет-преобразования.

### Результаты

**1. Основные причины климатических изменений приземной температуры.** Среди причин глобальных изменений климата рассматриваются два основных механизма изменения температурного режима нижней атмосферы – природный и техногенный. Природный фактор обусловлен в основном изменениями уровня солнечной активности, а техногенный фактор обусловлен парниковым эффектом в атмосфере [1,2]. Известно,

что изменения температуры атмосферы связаны с вариациями падающей на земную поверхность прямой солнечной радиации, а также изменениями прозрачности атмосферы [3]. На земной поверхности приходящее солнечное излучение  $R$  определяется уравнением радиационного баланса [3] и из поглощающей части прямой  $F$  и рассеянной  $J$  солнечной радиации, а так же излучения земной атмосферы  $B_0$ :

$$R = F(1 - r) + J(1 - r) - B_0, \quad (1)$$

где  $r$  – альбедо. К этому уравнению можно добавить другие немаловажные члены, учитывающие действия таких факторов, как:  $A_{\text{аэр}}$  (атмосферный аэрозоль);  $A_{\text{кл}}$  (космические лучи);  $A_{\text{адв}}$  (адвективный фактор);  $A_{\text{астр}}$  (астрономический фактор);  $A_{\text{оа}}$  (взаимодействие океана с атмосферой);  $A_{\text{CO}_2}$  (антропогенный фактор, связанный с выбросами в атмосферу углекислого газа  $\text{CO}_2$ ). Сгруппировав эти члены по характеристикам нагревания и охлаждения атмосферы, выражение (1) можно записать в виде:

$$R = F(1 - r) + J(1 - r) - B_0 - A_{\text{аэр}} - A_{\text{кл}} \pm A_{\text{адв}} \pm A_{\text{астр}} \pm A_{\text{оа}} + A_{\text{CO}_2}. \quad (2)$$

При снижении уровня солнечной активности (СА) возрастает поток космических лучей (КЛ)  $A_{\text{кл}}$ , достигающих Земли. Известно, что изменение потока космических лучей влияет на всю планетарную облачность, его возрастание приводит к понижению глобальной приземной температуры [4]. Эти эффекты привели к понижению приземной температуры в Кыргызстане [5]. Таким образом, суммарное влияние СА и КЛ приводит к дополнительному снижению глобальной приземной температуры как в глобальном, так и в региональном масштабах.

Доминирующая роль в понижении приземной температуры (изменении климата) принадлежит не только солнечной активности, но и океану, что обусловлено изме-

нениями его поверхностной температуры в связи с вариациями потока солнечного излучения. В работе [6] на основе анализа океанических параметров и термодинамических характеристик атмосферы выявлено влияние на атмосферные процессы Кыргызстана нестационарных процессов в океане, связанных с явлениями Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

**2. Частотный спектр долгопериодных вариаций приземной температуры и солнечной активности.** Для анализа использовались данные измерений приземной температуры длительностью в 80 лет по МС Бишкек, 120 лет по МС Каракол и за 110-летний период наблюдений по МС Нарын, а также параметр солнечной активности  $F_{10,7}$  – радиоизлучение Солнца на длине волны 10,7 см.

Методом вейвлет-преобразований были выделены общие периодические составляющие с уровнем доверительной вероятности  $P > 0,95$ , присутствующие одновременно в многолетних рядах солнечной активности и приземной температуры: 11–12 лет, 20–22 года, 35–40 лет, 50–55 лет и 90–95 лет. Это указывает на реально существующую связь изменений приземной температуры с солнечной активностью.

Амплитуды и начальные фазы составляющих были определены методом Фурье разложения с переменным ядром преобразования. Наиболее значимыми по амплитуде оказались периодичности в 22 года, 50–55 лет и 90–95 лет, с амплитудами  $(0,6–0,8)^\circ\text{C}$ . Эти данные отражают реальные процессы, протекающие в атмосфере, и могут быть положены в основу эмпирического моделирования температурного режима нижней атмосферы.

На рис. 1 приводятся частотные спектры вариаций параметра солнечной активности – индекса  $F_{10,7}$  и температуры приземной атмосферы, по данным МС Нарын (2040 м над ур.м.), вычисленные с помощью вейвлет анализа.

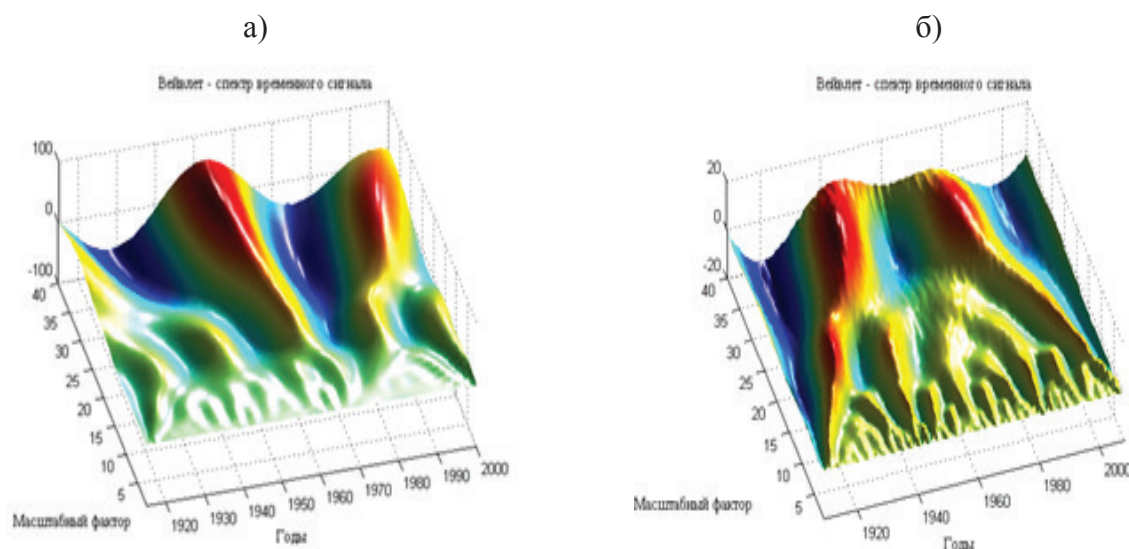


Рис. 1. Результаты Вейвлет анализа долгопериодных вариаций параметра солнечной активности  $F_{10,7}$  (а) и приземной температуры (б).

**3. Связь долгопериодных вариаций приземной температуры с солнечной активностью.** Проанализируем долгопериодные вариации приземной температуры и вековые колебания СА после исключения из них составляющих с периодами менее 11 лет. На рис. 2 приведены вариации аномалий вековой составляющей СА в числах

Вольфа  $\Delta W$  и приземной температуры  $\Delta T$  за холодное полугодие по данным МС Бишкек за период с 1935 по 2015 гг. и прогноз до 2025 г. Коэффициент корреляции между  $\Delta W$  и  $\Delta T$  равен 0,82. Максимумы амплитуд в вариациях СА опережают максимумы в вариациях температуры на 2,5–3 года.

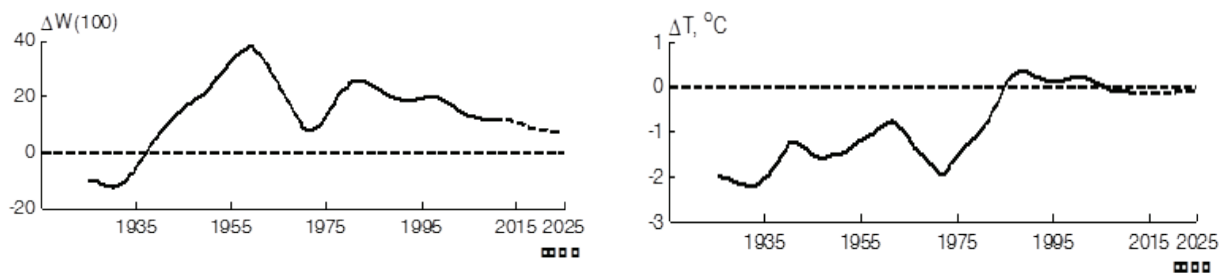


Рис. 2. Вариации аномалий вековой составляющей солнечной активности и приземной температуры за холодное полугодие по МС Бишкек с 1935 по 2015 гг. и прогноз до 2025 г.

Эти данные свидетельствуют о связи изменений приземной температуры с солнечной активностью.

**4. Климатические изменения приземной температуры на основе эмпирического моделирования.** Проведем эмпирическое моделирование региональных климатических изменений приземной температуры. В основу эмпирического моделирования положены данные вейвлет преобразования долгопериодных составляющих в вариациях

температуры приземной атмосферы и параметра СА [6]. Суммирование амплитуд периодических составляющих температуры с учетом фазы колебаний каждой составляющей позволило оценить изменения температуры до 2030 года под влиянием природного фактора солнечного происхождения, когда уровень СА после 2000–2005 гг. резко пошел на спад. Учет влияния СА и антропогенного фактора выявил тенденцию к дальнейшему похолоданию до 2030 года.



### Обсуждение результатов

Действие на климатическую систему внешних астрономических и геофизических факторов сводится к изучению изменчивости светимости Солнца, положения орбиты Земли и других планет в солнечной системе и т.д., что в конечном счете сводится к изучению радиационного баланса на земной поверхности. К другой группе факторов, влияющих на формирование температурного режима приземной атмосферы, относятся внутренние и геофизические факторы. В настоящее время убедительно показано, что никакого процесса глобального потепления на земном шаре не происходит, поскольку современные модели климата не совершенны и главное в том, что они не учитывают влияние солнечной активности.

### Заключение

Из полученных результатов можно заключить, что в последние 10-15 лет идет медленный процесс похолодания. Ранее аналогичные результаты получены нами по Центральноазиатскому региону в 2005 году.

Для проведения расчетов и реальных оценок изменений климата необходимо строить эмпирические и теоретические модели. Все это чрезвычайно актуально для регионов, далеко удаленных от океанов, в частности, глубококонтинентальных регионов Центральной Азии.

Полученная эмпирическая модель регионального изменения температурного режима нижней атмосферы в Центральной Азии свидетельствует о процессе похолодания в приземном слое атмосферы, обусловленным, в первую очередь, влиянием солнечной активности.

**Рекомендации.** На фоне глобальных изменений климата особую значимость приобретает оценка изменений регионального климата, определение повторяемости локальных экстремальных явлений в регионе, связанных с природными и антропогенными факторами. В результате изменения тер-

модинамического режима нижней атмосферы происходит аномальное распределения осадков в нижней тропосфере, что приводит к катастрофическим последствиям в различных регионах земного шара.

Изучение влияния последствий изменения климата на горные экосистемы и условия проживания там населения представляется чрезвычайно актуальным с точки зрения адаптации к новым климатическим условиям и устойчивого развития.

### Литература

1. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Вариации солнечной постоянной и температурный режим нижней атмосферы // Доклады НАН КР, 2014, №1, – с. 38–43.
2. Каримов К.А., Жунушова Г.Ш. Характеристики нижней атмосферы над Кыргызстаном и их связь с солнечной активностью – Б., 2011. – 158 с.
3. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века: // Метеорология и гидрология. – М., 1988, № 10. – с. 5–24.
4. CLOUD. A study of link between cosmic rays and clouds with a cloud chamber at the CERN PS. 2000, P. 107.
5. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крылов С.В. Связь температурного режима нижней атмосферы с вариациями солнечной активности и интенсивностью космических лучей. // Вестник КГУСТА, 2011, №3. – с. 168–172.
6. Крымская Д.Н., Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Изменение температуры приземной атмосферы под влиянием процессов в океане. – Труды XXIII Межд. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Россия, Томск, 2017. – с. 485–488.
7. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Роль различных физических факторов в долгопериодных изменениях температуры нижней атмосферы // Труды Гидрометцентра России. – М., 2017. – с. 121–136.