

ФИЗИКА ИЛИМДЕРИ
ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ
PHYSICAL SCIENCES

Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н.

**ТАБИГЫЙ ЖАНА ТЕХНОТЕКТҮҮ ФАКТОРЛОРДУН
ТААСИРИ АСТЫНДА ТӨМӨНКҮ АТМОСФЕРАНЫН ТЕРМИКАЛЫК
РЕЖИМИНИН ӨЗГӨРҮЧТҮГҮ**

Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

K.A. Karimov, R.D. Gainutdinova, D.N. Krymskaya

**VARIABILITY OF TEMPERATURE CONDITION
OF THE LOWER ATMOSPHERE UNDER THE IMPACT
OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS**

УДК 551.510.53

Табигий жана антропогендик факторлордун таасири астында Борбордук Азиядагы региондун төмөнкү атмосферанын термикалык режиминин изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары көрсөтүлгөн. Жер жанындагы атмосферанын температурасынын өзгөрүчтүгүнүн узак мезгилдеги өзгөчөлүгү ачып көрсөтүлгөн. Төмөнкү атмосферанын термикалык режиминин өзгөрүчтүгүнүн табигый жана антропогендик факторлорунун ар түрдүү бөлүкчөлөрдүн салымы изилденген. Борбордук Азиядагы региондун атмосферанын процесстерине океандагы процесстеринин таасири көрсөтүлгөн. Океандын стационардык эмес процесстери менен байланышкан атмосферадагы кубулуштардын мезгилинде климаттык аномалиялардын региондук өзгөчөлүгү изилденген. Борбордук Азиядагы региондун атмосферанын процесстерине Тынч океандагы Эль-Ниньо жана Ла-Нинья табигый кубулуштардын таасири изилденген. Алынган маалыматтар атмосферанын процесстеринин жылдык өзгөрүчтүгүнүн жана температура-нын сезондук аномалиялдыгын ачып көрсөтүү прогноз үчүн пайдалануу мүмкүн. CO₂-нын концентрациясынын вариациялары төмөнкү атмосферанын температура-сы жана океандын үстүнкү кабаты менен байланышы көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: атмосфера, температура, өзгөрүчтүк, парниктеги газдар, климат, океан, антропогендик факторлор, табигый факторлор.

Приводятся результаты исследований термического режима нижней атмосферы над Центрально-азиатским регионом под влиянием факторов природ-

ного и антропогенного происхождения. Выявлены особенности долгопериодной изменчивости температуры приземной атмосферы. Изучен вклад различных составляющих антропогенных и природных факторов в изменчивость температурного режима приземной атмосферы. Показано влияние процессов в океане на атмосферные процессы в регионе Центральной Азии. Изучены региональные особенности климатических аномалий в период действия атмосферных явлений, связанных с нестационарными процессами в океане. Исследовано влияние на атмосферные процессы Центрально-азиатского региона природных явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья в Тихом океане. Полученные данные могут быть рекомендованы к использованию в качестве прогностических данных для прогноза межгодовой изменчивости атмосферных процессов и выявления сезонных температурных аномалий. Показано, что вариации концентрации CO₂ связаны с температурой приземной атмосферы и поверхностного слоя океана.

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

Results of researches of the thermal regime of the lower atmosphere over the Central Asian region under the influence of factors of natural and anthropogenic origin are given. Features of long-period variability of temperature of the surface atmosphere are revealed. The contribution of various components of anthropogenic and natural factors to variability of temperature condition of the surface atmosphere is studied. Influence of processes in the ocean on atmospheric processes of Central Asia region is shown. Regional features of climatic anomalies during action of the

atmospheric phenomena connected with non-stationary processes in the ocean are investigated. Influence on atmospheric processes of the Central Asian region of the natural phenomena of El Niño and La Nina in the Pacific Ocean is investigated. The obtained data can be recommended for use as predictive data for the forecast of interannual variability of atmospheric processes and revealing of seasonal temperature anomalies. It is shown that variations of concentration of CO₂ are connected with temperature of the ground atmosphere and surface water of the ocean.

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

1. Введение. Изменения в климатической системе Земли происходят под влиянием многих природных и техногенных факторов. Среди природных факторов большую роль в изменении климата играет океан. Особое внимание нужно уделять влиянию на температурный режим нижней атмосферы в северном полушарии от экватора и вплоть до средних широт таких океанических явлений как Эль-Ниньо и ее противоположной фазы Ла-Нинья, периодически появляющихся в экваториальной части Тихого океана. Эти два явления, или так называемая Южная осцилляция, характеризуются колебаниями температуры поверхностного слоя воды океана длительностью от 3 до 8 лет.

В последние десятилетия были зафиксированы мощные фазы явления Эль-Ниньо, которые наблюдались в 1965-1966, 1982-1983, 1997-1998 и в 2015-2016 годах. Очень сильным было Эль-Ниньо в 1997-1998 годах, которое привело к катастрофическим метеорологическим явлениям по всему земному шару. Именно тогда были представлены теории о связи глобальных изменений климата с Южной осцилляцией. По оценкам специалистов Эль-Ниньо 2015-2016 годов вошел в число самых мощных феноменов с 1950 года и привел к экстремальным погодным явлениям во многих странах на всех континентах земного шара. Результаты исследований показали, что явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья оказывают влияние на температуру воздушных масс и траектории их движения.

2. Анализ результатов исследований. В последние десятилетия проводятся широкие исследования влияния процессов в Тихом океане на термодинамику атмосферы в глобальном масштабе. Среди всех океанов специалисты отмечают преобладающую роль влияния процессов, протекающих в Тихом океане. Как показали исследования особенностей крупномасштабных

термодинамических процессов в атмосфере Центральной Азии, они в значительной степени периодически подвержены влиянию процессов в Тихом океане, в частности, явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Наблюдавшееся в последние годы явление Эль-Ниньо достигло своего максимума в конце 2015 и в начале 2016 года и было признано самым мощным за всю историю наблюдений. Это подтверждается и нашими экспериментальными наблюдениями за эффектами влияния явления Эль-Ниньо на атмосферные процессы в Центральной Азии, в частности, в Кыргызстане.

В работе [1] было исследовано изменение глобальной по земному шару приземной температуры воздуха, начиная с 1980 года по настоящее время. Было показано, что в сглаженных вариациях аномалий среднегодовой температуры приземной атмосферы, а также для летнего и зимнего сезонов, выявляется общий тренд. При этом наиболее четко выражены экстремумы в температурных вариациях в холодное полугодие. В 2000-2003 гг. наблюдается ярко выраженный экстремум в аномалиях температуры, который сменяется последующим спадом. После 2003 года отмечается четко выраженный спад температуры, который практически отсутствует в вариациях аномалий среднегодовой температуры и за летний период. Подобные результаты были получены в 2000 г. в вариациях аномалий среднепериодной температуры по данным наблюдений в Кыргызстане [2].

Особый интерес представляет вопрос исследования связи между явлением Эль-Ниньо и колебаниями концентрации углекислого газа CO₂ в атмосфере. На рисунке 1 приводятся межгодовые вариации аномалий концентрации ежегодного прироста CO₂ по данным станции Мауна-Лоа (Гавайи), аномалий среднегодовой приземной температуры ΔT, сглаженной по 12 точкам, и линейный тренд [1], а также океанического индекса Niño Index, отражающего изменения поверхностной температуры в Тихом океане в области Niño 3.4.1. Из рисунка видно, что максимумы в колебаниях индекса Niño Index предшествуют максимумам колебаний аномалий температуры, а минимумы – минимумам аномалий температуры. Этот факт свидетельствует о связи межгодовых вариаций среднегодовой глобальной приземной температуры с океаническими явлениями Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

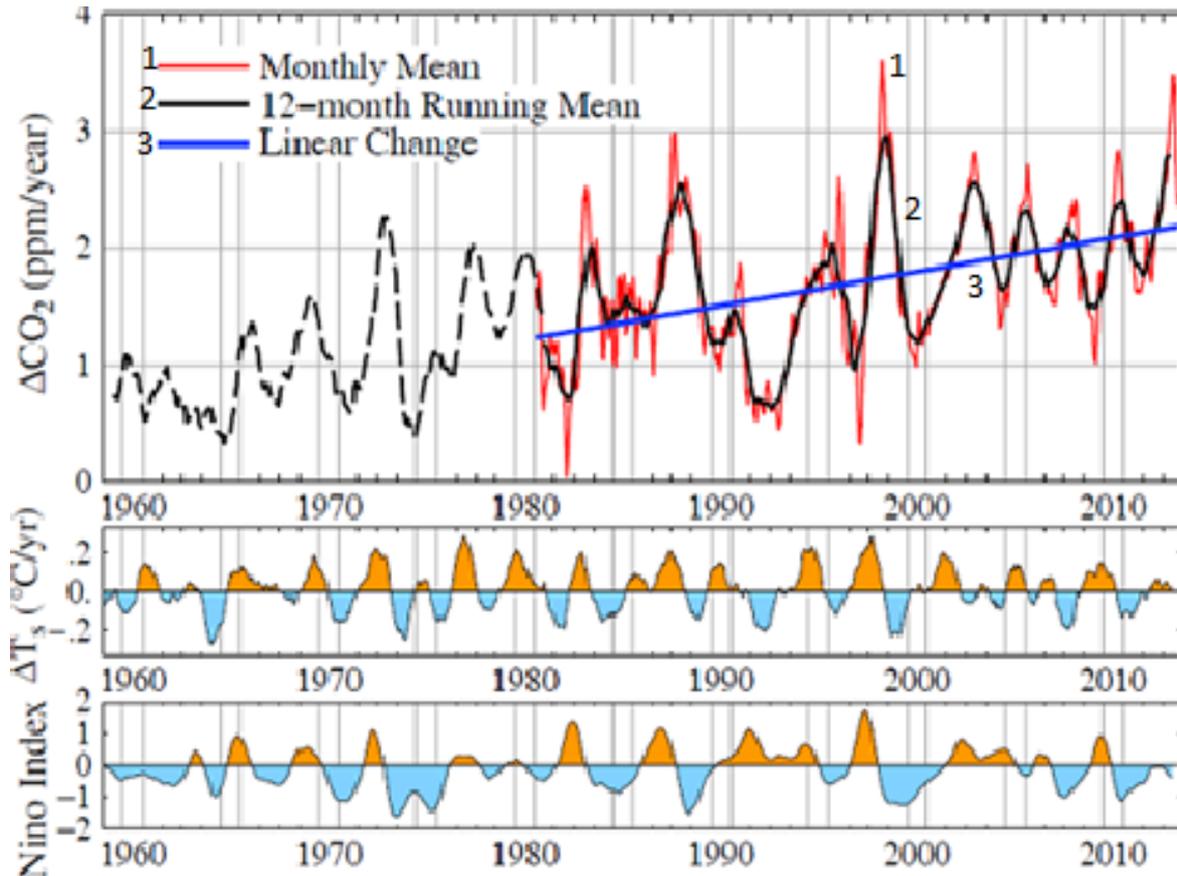


Рис. 1. Межгодовые вариации концентрации CO_2 по данным станции Мауна-Лоа (Гавайи), аномалий среднегодовой приземной температуры ΔT и океанического индекса в области Niño 3.4.1.

Совместный анализ вариаций аномалий концентрации ежегодного прироста CO_2 , аномалий среднегодовой приземной температуры ΔT и океанического индекса ONI (Niño Index) показал, что максимумы в вариациях ΔT и индекса ONI опережают во времени максимумы в вариациях концентрации CO_2 . То же самое относится и к минимумам в вариациях этих параметров. Таким образом сначала возникают возмущения в поверхностной температуре Тихого океана, а затем через некоторое время происходят возмущения в температуре атмосферы и только потом следуют возмущения в вариациях концентрации CO_2 .

В работе [3] был исследован эффект влияния явления Эль-Ниньо на атмосферные процессы Центральной Азии и повышение температу-

ры воздуха и поверхностной температуры воды оз. Иссык-Куль в июле-августе 2015 г., когда наблюдалось самое мощное явление Эль-Ниньо за всю историю наблюдений. Проведем анализ межгодовых вариаций многолетнего ряда температуры приземной атмосферы по данным метеостанции (МС) Бишкек с 1950 по 2016 гг. На рисунке 2 приведены вариации среднегодовой температуры приземной атмосферы по данным МС Бишкек и индекса ONI. Из рисунка видно, что положительные аномалии среднегодовых температур относительно среднескользящей кривой отмечаются в период действия явления Эль-Ниньо, и наоборот, периоды отрицательных отклонений температуры соответствуют явлению Ла-Нинья.

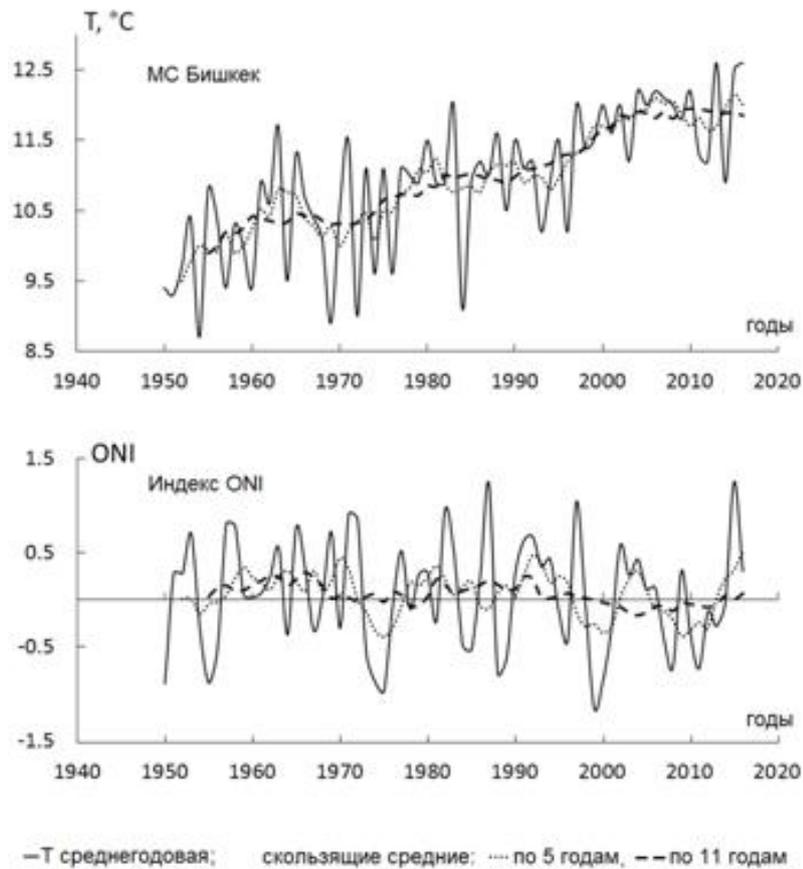


Рис. 2. Межгодовые вариации среднегодовой температуры воздуха по данным МС Бишкек и индекса ONI с 1950 по 2016 гг.

Совпадение положительных экстремумов в межгодовых вариациях среднегодовой температуры с положительными экстремумами индекса ONI приходится на период влияния явления Эль-Ниньо. Отрицательным экстремумам температуры соответствуют периоды действия в океане явления Ла-Нинья. Несколько экстремумов связаны с особенностями регионального термодинамического режима, когда преобладающим фактором был адвективный фактор, связанный с влиянием Западно-Сибирского антициклона или Южно-Азиатского тропосферного антициклона.

Таким образом, на основе анализа экспериментального материала о температурном режиме атмосферы на примере данных метеостанции МС Бишкек и индекса ONI за 66-летний период с 1950 по 2016 гг. выявлено влияние на атмосферные процессы Кыргызстана природных явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Показано, что в межгодовых вариациях положительным аномалиям среднегодовых температур соответствует период действия явления Эль-Ниньо, а отрицательным аномалиям – явление Ла-Нинья.

Рассмотрим вклад солнечной радиации в изменения температуры поверхности Земли. Известно, что полная величина поглощения солнечной радиации составляет 240 Вт/м^2 и является основным фактором изменения климата. Вариации солнечной радиации ΔF связаны с 11- и 22-летними циклами в солнечной активности и составляют величину около $0,25 \text{ Вт/м}^2$, которая влияет на климат Земли. Величина полного поглощения земной поверхностью солнечной радиации в течение времени варьирует от $240,25 \text{ Вт/м}^2$ до $239,75 \text{ Вт/м}^2$. При этом величина вариаций солнечной радиации относительно средней составляет около 0,11%. Вклад всех парниковых газов (CO_2 , H_2O , CH_4) составляет примерно ту же величину [1].

Таким образом, изменения солнечной радиации от максимума к минимуму в солнечном цикле не вносят существенных изменений в климатический тренд. При этом парниковые газы все время накапливаются в атмосфере и их вклад монотонно растет. Солнечный же фактор не имеет подобной тенденции, а периодически изменяется от максимума до минимума цикла.

В настоящее время существуют две основные концепции изменения климата. Первая связана с техногенным фактором, приводящим к монотонному росту концентрации парниковых газов в атмосфере и далее к росту температуры приземной атмосферы.

Вторая концепция связана с резким падением уровня солнечной радиации, особенно характерным в последние годы. По расчетам специалистов при дальнейшем снижении уровня солнечной активности может повториться так называемый «маундеровский минимум» и наступить «малый ледниковый период», который приведет к понижению температуры атмосферы до минимальных значений. Это может произойти в 2022-2026 годы и как минимум продлится 50-60 лет [2].

Рассмотрим третий вариант концепции. При небольшом уменьшении потока солнечной радиации на $0,25 \text{ Вт/м}^2$ произойдет небольшое уменьшение температуры как атмосферы, так и поверхностной температуры океана. За счет этого процесса сократится выброс CO_2 . Далее поток солнечной радиации не будет восстанавливаться, будет продолжаться медленное охлаждение океана, и, соответственно, при этом будет уменьшаться выброс CO_2 в атмосферу.

Процессы на Солнце не будут напрямую влиять на температуру атмосферы. Их влияние на понижение температуры атмосферы будет опосредованно определяться изменениями температуры вод океана. Это также приведет к «малому ледниковому периоду».

Таким образом, из рассмотренных трех вариантов концепций изменения климата наиболее предпочтительным является третий вариант, учитывающий влияние океана. Это подтверждается результатами исследований влияния явления Эль-Ниньо на повышение температуры воздуха и воды на оз. Иссык-Куль в 2015 году [3], когда отмечался минимум солнечной активности. Это позволяет из общего процесса потепления приземной атмосферы исключить влия-

ние солнечного фактора. Поскольку суммарный вклад парниковых газов в изменения температуры атмосферы практически равен вкладу вариации потока солнечной радиации, то это позволяет разделить влияние природной и антропогенной составляющих. Таким образом можно оценить вклад антропогенного фактора в общее потепление приземной атмосферы и отделить его от природных факторов.

Заключение. Выявлено влияние на атмосферные процессы Кыргызстана природных явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья и показано, что в межгодовых вариациях среднегодовых температур положительным аномалиям соответствует период действия явления Эль-Ниньо, а отрицательным аномалиям – явление Ла-Нинья.

Проведена оценка отдельного вклада антропогенных и природных факторов в изменчивость температурного режима приземной атмосферы. Показано, что вариации концентрации CO_2 прежде всего связаны с температурой приземной атмосферы и поверхностного слоя океана. В ближайшие годы глобальная приземная температура воздуха будет изменяться под влиянием процессов в океане, солнечной активности и периодическими выбросами в атмосферу аэрозоля в результате вулканической активности.

Литература:

1. Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo, 2010: Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, 48, RG4004, doi: 10.1029/2010RG000345.
2. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Роль природных и антропогенных факторов в климатических изменениях параметров атмосферы / *Известия НАН КР*, №1. - Бишкек, 2010. - С. 72-76.
3. Каримов К.А., Крымская Д.Н., Гайнутдинова Р.Д. Эффект Эль-Ниньо в динамике атмосферных процессов Центральной Азии. / *Труды XXII Межд. симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»*. - Россия-Томск, 2016. - С. 472-475.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Макаров В.П.