

DOI:10.26104/NNTIK.2022.92.61.001

Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н.

**ТӨМӨНКУ АТМОСФЕРАДАГЫ ТЕМПЕРАТУРАНЫН
ӨЗГӨРҮШҮ ЖАНА ОКЕАНДАГЫ СТАЦИОНАРДЫК ЭМЕС
ПРОЦЕССТЕРГЕ АЛАРДЫН РЕАКЦИЯСЫ**

Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н.

**ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ
СРЕДНИХ ШИРОТ И ИХ ОТКЛИК НА НЕСТАЦИОНАРНЫЕ
ПРОЦЕССЫ В ОКЕАНЕ**

R. Gainutdinova, D. Krymskaya

**VARIATIONS OF TEMPERATURE IN THE LOWER
ATMOSPHERE OF MIDDLE LATITUDES AND THEIR RESPONSE
TO THE NONSTATIONARY PROCESSES IN THE OCEAN**

УДК: 510.53(575.2) + 551.501.8

Океандагы процесстердин Орто Азия чөлкөмүндөгү атмосфералык процесстерге тийгизген таасири изилденген. Эль-Ниньо жана Ла-Нинья жаратылыш кубулуштарынын атмосфералык процесстерге тийгизген таасири аныкталды. Жылдар аралык вариацияларда орточо жылдык температуранын оң аномалиялары Эль-Ниньо кубулушунун мезгилине, ал эми терс аномалиялар Ла-Нинья кубулушуна туура келери көрсөтүлгөн. Атмосферада Түштүк Азия антициклонунун активдешүүсү менен коштолгон Эль-Ниньо жана Ла-Нинья кубулуштарынын Орто Азиянын атмосфералык процесстерине тийгизген таасиринин таасири аныкталды. Тынч океандын экватордук зонасында процесстер менен шартталган стационардык эмес процесстердин аракетинин мезгилиндеги атмосферанын төмөнкү катмарынын параметрлеринин жана жер бетинин температурасынын узак мөөнөттүү өзгөрүшүнүн аймактык өзгөчөлүктөрү изилденген. 1950-жылдан 2016-жылга чейинки 66 жылдык мезгил үчүн жер бетинин температурасы жана океандык индекс боюнча узак мөөнөттүү маалыматтардын физикалык-статистикалык анализи жүргүзүлгөн. Эль-Ниньо жана Ла-Нинья кубулуштарынын өнүгүшүндөгү океандагы туруксуз процесстерге атмосферанын төмөнкү катмарынын температуралык реакциясы аныкталды. Бул жооп атмосферанын 760 метрден 3700 метрге чейинки ар кандай бийиктик деңгээлинде жер бетинин температурасынын жыл аралык өзгөрүшүнүн температуралык аномалиялары түрүндө көрүнөт.

Негизги сөздөр: атмосфера, океан, температура, климат, аймактык өзгөчөлүктөр, өзгөрмөлүүлүк.

Исследовано влияние процессов в океане на атмосферные процессы в регионе Центральной Азии. Выявлено влияние на атмосферные процессы 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. Выявлен эффект влияния явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья на атмосферные процессы Центральной Азии, который сопровождается активизацией в атмосфере

Южно-Азиатского антициклона. Изучены региональные особенности долгопериодных изменений параметров нижней атмосферы и приземной температуры в период действия нестационарных процессов, обусловленных процессами в экваториальной зоне Тихого океана. Проведен физико-статистический анализ многолетних данных приземной температуры и океанического индекса за 66-летний период с 1950 по 2016 годы. Установлен температурный отклик нижней атмосферы на нестационарные процессы в океане в период развития явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Этот отклик проявляется в виде температурных аномалий в межгодовой изменчивости приземной температуры на разных высотных уровнях атмосферы от 760 до 3700 метров.

Ключевые слова: атмосфера, океан, температура, климат, региональные особенности, изменчивость.

The impact of ocean processes on atmospheric processes in the Central Asian region has been investigated. The influence on atmospheric processes of natural phenomena El Niño and La Niña was revealed. It was shown that in interannual variations, positive anomalies of average annual temperatures correspond to the period of action of the El Niño phenomenon, and negative anomalies correspond to the La Niña phenomenon. The effect of El Niño and La Niña events on the atmospheric processes of Central Asia, which is accompanied by activation in the atmosphere of the South Asian anticyclone, was revealed. The regional features of long-period changes in the parameters of the lower atmosphere and ground temperature during the action of transient processes caused by processes in the equatorial zone of the Pacific Ocean have been studied. A physical and statistical analysis of long-term data of surface temperature and ocean index for the 66-year period from 1950 to 2016 was carried out. The temperature response of the lower atmosphere to transient processes in the ocean during the development of the El Niño and La Niña phenomena has been established. This response shows itself as temperature anomalies in the interannual variability of ground temperature at different atmospheric altitudes from 760 to 3,700 meters.

Key words: atmosphere, ocean, temperature, climate, regional features, variability.

Введение. Изменения термодинамического режима атмосферы тесно связаны с состоянием океана и изменением его поверхностной температуры. По оценкам специалистов получено, что вклад океана в нагрев атмосферы сопоставим с энергетическим вкладом Солнца [1]. Климат Земли определяется сложным взаимодействием глобальных физических процессов, протекающих в атмосфере, на поверхности Земли и в океане. Существенное влияние на распределение температуры по земному шару оказывают океанические процессы.

Одной из актуальных задач в вопросах исследования термодинамических процессов в атмосфере и изменения климата в настоящее время является оценка влияния океанических явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья (Южное колебание), периодически возникающих в тропической зоне Тихого океана, на температурный режим атмосферы.

Климатические события, происходящие под влиянием природных явлений Эль-Ниньо/Ла-Нинья, носят глобальный характер и рассматриваются как структурное звено глобальной атмосферной циркуляции, оказывая влияние на региональные атмосферные процессы.

Методика и материалы. Явление Эль-Ниньо носит периодический характер и проявляется в циркуляции атмосферы и океана в виде крупномасштабных аномалий. Индикатором явления Эль-Ниньо является положительная аномалия температуры поверхности океана в центре и на востоке тропической зоны Тихого океана, которая определяется океаническим индексом ONI (Oceanic Niño Index). Индекс ONI рассчитан по данным спутниковых измерений температуры поверхностных вод Тихого океана. Для явления Эль-Ниньо значение океанического индекса ONI характеризует среднее за 3 месяца отклонение температуры поверхностных вод океана (ΔT) от нормы и составляет $\Delta T > 0,5^\circ\text{C}$. Противоположной фазой, сменяющей явление Эль-Ниньо, является цикл Ла-Нинья, который характеризуется понижением температуры воды в том же регионе океана. Значение океанического индекса для него составляет $\Delta T < -0,5^\circ\text{C}$.

В данной работе использован индекс ONI, рассчитанный по данным спутниковых измерений температуры поверхностных вод Тихого океана [2]. Океа-

нический индекс ONI рассчитан с 1950 г. по настоящее время. Базовый индекс рассчитан по региону с координатами (5°N - 5°S) и (120° - 170°W), и характеризует изменения температуры поверхностных вод Тихого океана. Абсолютные значения индекса ONI более $0,5^\circ\text{C}$ характеризует развитие явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Анализ и обсуждение результатов. Учитывая глобальный характер термодинамических процессов, протекающих в атмосфере, надо полагать, что основные атмосферные процессы в Центральной Азии в значительной мере будут определяться нестационарными тихоокеанскими процессами, такими как Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Это подтверждается и нашими экспериментальными наблюдениями за эффектами влияния явления Эль-Ниньо на атмосферные процессы в Центральной Азии, в частности, в Кыргызстане. Рассмотрим влияние явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья на термодинамический режим атмосферы в регионе Кыргызстана.

На рисунке 1 приведены многолетние межгодовые вариации океанического индекса ONI, сглаженные по 12-ти точкам и характеризующие изменения интенсивности явления Эль-Ниньо за последние 60 лет, построенные по данным измерений поверхностной температуры океана, представленных в работе [2]. Операция скользящего осреднения проводилась в виде:

$$T_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{i+k}$$

где T_i - среднепериодные значения температуры (среднемесячные или среднегодовые), $n=12$; $k=0,1,2,\dots,m-12$; m – объем выборки, который определяется исходным числом данных.

Анализ многолетних данных показал [1], что за явлением Эль-Ниньо с вероятностью 50% следует нейтральный год, а в 40% случаев следует феномен Ла-Нинья, являющийся отрицательной фазой Южного колебания. Явление Ла-Нинья характеризуется понижением температуры водной поверхности восточных районов тропической зоны Тихого океана, которая, в свою очередь, оказывает влияние на температуру воздушных масс и пути их перемещения [1].

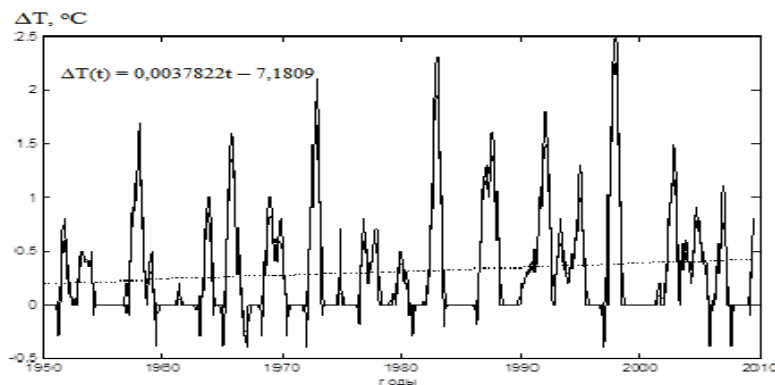


Рис. 1. Межгодовые вариации океанического индекса ONI с 1950 по 2010 гг.

Исследования специалистов показали, что явление Эль-Ниньо оказывает значительное влияние на уменьшение концентрации тропосферного озона в тропиках, что важно для понимания различий между природными и техногенными процессами.

Большой интерес представляет вопрос исследования влияния нестационарных процессов в океане, каковыми являются явления Эль-Ниньо/Ла-Нинья, на приземную температуру атмосферы Земли и механизмов этого влияния.

В работе [3] была исследована связь вариаций глобальной приземной температуры с явлением Эль-Ниньо. Были рассмотрены межгодовые вариации океанического индекса ONI (Niño Index), характеризующего изменения температуры в Тихом океане в области Niño, и аномалий глобальной приземной температуры. Анализ этих данных показал, что максимумы амплитуды в колебаниях индекса Эль-Ниньо предшествуют максимумам амплитуды колебаний в температуре.

Авторами работы [3] было показано, до каких широт распространяется влияние явления Эль-Ниньо/Ла-Нинья. Для этого были рассмотрены вариации колебаний индекса ONI совместно с колебаниями изменений температуры приземной атмосферы, осредненные как по всему северному полушарию, так и в среднеширотной полосе от $23,6^{\circ}\text{N}$ до $23,6^{\circ}\text{S}$. Была получена высокая степень корреляции между отклонениями в глобальной приземной температуре и колебаниями индекса ONI.

Эффект влияния явления Эль-Ниньо на термодинамический режим приземной атмосферы Центральной Азии и повышение поверхностной температуры воды оз. Иссык-Куль в июле-августе 2015 г., когда наблюдалось самое мощное явление Эль-Ниньо за всю историю наблюдений, был исследован в работах [4-6].

Проведем анализ межгодовых вариаций многолетних рядов температуры приземной атмосферы за 66-летний период с 1950 по 2016 гг. по данным четырех метеостанций (МС) Бишкек (760 м над у.м.), Чолпон-Ата (1640 м над у.м.), Нарын (2040 м над у.м.) и Тянь-Шань (3700 м над у.м.), расположенных на

различных высотах. Подобный анализ был проведен в работе [6] по данным МС Бишкек.

На рисунке 2 представлены межгодовые вариации среднегодовой температуры приземной атмосферы по данным МС Бишкек, Чолпон-Ата, Нарын, Тянь-Шань и индекса ONI, сглаженные по 5-ти и 11-ти годам за 66-летний период с 1950 по 2016 годы. Анализ показал, что положительные аномалии отклонений среднегодовых температур от сглаженной кривой соответствуют периодам действия явления Эль-Ниньо [4-6]. Отрицательные отклонения приземной температуры отмечаются в периоды действия явления Ла-Нинья, что было получено ранее по данным МС Бишкек [6]. При этом максимумы и минимумы амплитуды индекса ONI предшествуют максимумам и минимумам приземной температуры, что было отмечено в работе [3] для глобальной температуры.

В период действия явления Эль-Ниньо положительные экстремумы в межгодовых вариациях среднегодовой температуры совпадают с положительными экстремумами индекса ONI. При этом отрицательные экстремумы температуры соответствуют периодам действия в океане явления Ла-Нинья. Этот факт отмечается практически для всех периодов развития Эль-Ниньо/Ла-Нинья, за исключением нескольких лет. Анализ атмосферных процессов в эти периоды показал, что этот факт связан с региональными особенностями термодинамического режима нижней атмосферы, когда в тропосфере преобладал адвективный фактор и перенос воздушных масс, обусловленный влиянием Западно-Сибирского антициклона или Южно-Азиатского тропосферного антициклона.

Таким образом, на основе анализа экспериментального материала о температурном режиме атмосферы по данным четырех метеорологических станций и индекса ONI за 66-летний период с 1950 по 2016 гг. выявлено влияние на атмосферные процессы Кыргызстана нестационарных океанических процессов, связанных с природными явлениями Эль-Ниньо и Ла-Нинья на разных высотных уровнях атмосферы от 760 до 3700 метров. Это свидетельствует о глобальном характере исследуемых процессов.

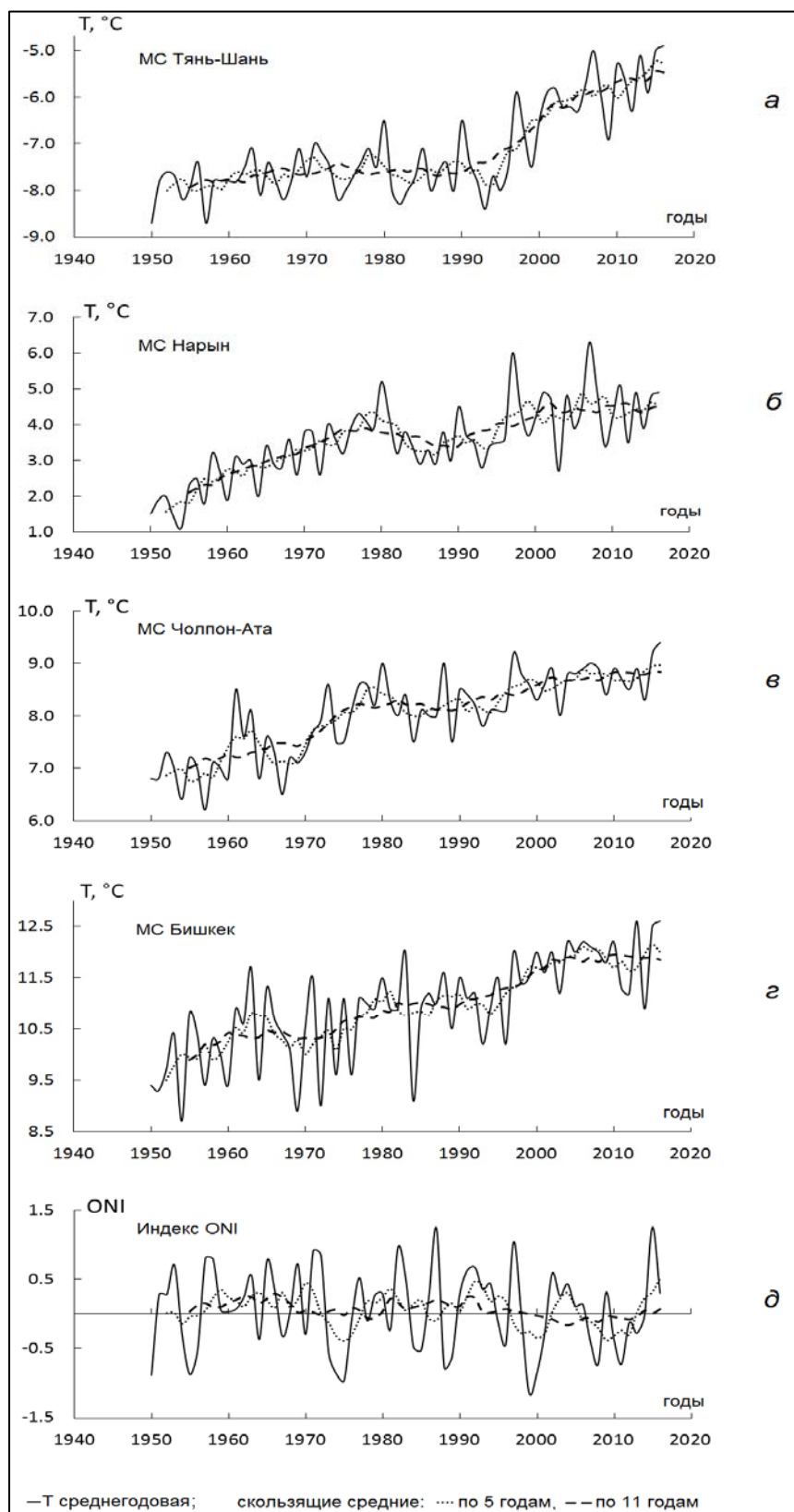


Рис. 2. Межгодовая изменчивость среднегодовой приземной температуры воздуха по данным МС Бишкек, Чолпон-Ата, Нарын, Тянь-Шань и океанического индекса ONI.

Выявлено, что положительные аномалии в многолетних межгодовых вариациях среднегодовой приземной температуры наблюдаются в периоды действия явления Эль-Ниньо, а отрицательные температурные аномалии – в периоды явления Ла-Нинья.

Выводы. Изучены закономерности и региональные особенности долгопериодных изменений параметров нижней атмосферы и приземной температуры в период действия нестационарных процессов, обусловленных процессами в экваториальной зоне Тихого океана.

Установлен эффект влияния явлений Эль-Ниньо и Ла Нинья на атмосферные процессы Центральной Азии. Механизм этого влияния связан с активизацией в нижней атмосфере Южно-Азиатского антициклона.

На основе многолетних данных приземной температуры и океанического индекса за 66-летний период выявлен температурный отклик нижней атмосферы на нестационарные процессы в океане, проявляющийся в виде температурных аномалий в межгодовой изменчивости температуры на разных высотных уровнях атмосферы от 760 до 3700 метров.

Показано, что положительным аномалиям

среднегодовых температур соответствует период действия явления Эль-Ниньо, а отрицательным аномалиям – явление Ла-Нинья. Эти данные могут быть рекомендованы к использованию в качестве возможных прогностических схем для прогноза сезонной межгодовой изменчивости температурных процессов и колебаний среднегодовых температур.

Литература:

1. Бышев В.И. Синоптическая и крупномасштабная изменчивость океана и атмосферы. - М: Наука, 2003. - 344 с.
2. Интернет-ресурс <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>
3. Hansen J., R. Ruedy, M. Sato and K. Lo, 2010: Global surface temperature change // Rev. Geophys, 48. - RG4004.
4. Каримов К.А., Крымская Д.Н., Гайнутдинова Р.Д. Эффект Эль-Ниньо в динамике атмосферных процессов Центральной Азии – Труды XXII Межд. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», Россия, Томск, 2016. - С. 472-475.
5. Каримов К.А. Крымская Д.Н., Гайнутдинова Р.Д. Летняя температурная аномалия 2015 года в Центральноазиатском регионе. // Научный журнал Физика, 2015. - №2. - С.10-14.
6. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крымская Д.Н. Изменчивость термического режима нижней атмосферы под влиянием природных и техногенных факторов. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2019. - №1. - С. 3-7.