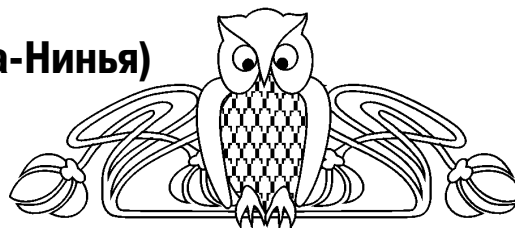




УДК 551.521.1

Мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане по данным спутниковых радиометров ИКОР-М



М. Ю. Червяков, А. А. Спиряхина

Червяков Максим Юрьевич, доцент кафедры метеорологии и климатологии, кандидат географических наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chervyakovmu@mail.ru

Спиряхина Анастасия Андреевна, студент кафедры метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kafmeteo@mail.ru

В статье рассматриваются результаты анализа пространственно-временного распределения составляющих радиационного баланса Земли в тропической части Тихого океана во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), полученные с помощью радиометров ИКОР-М на ИСЗ «Метеор-М» № 1 и № 2, а также их сопоставления с данными температуры поверхности океана.

Ключевые слова: радиометр, ИКОР, Эль-Ниньо, Ла-Нинья, коротковолновая радиация, альbedo, поглощенная солнечная радиация, температура поверхности океана.

Monitoring El Nino (La Nina) Events in the Pacific Ocean According to the Satellite Radiometers IKOR-M

М. Yu. Cherviakov, A. A. Spiryakhina

Maksim Yu. Cherviakov, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, chervyakovmu@mail.ru

Anastasia A. Spiryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-0286-3809>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, kafmeteo@mail.ru

This report describes the analysis of space-time distribution of the Earth's radiation balance components in the Pacific Ocean during El Nino (La Nina) obtained using IKOR-M radiometers at the «Meteor-M» satellite No. 1 and No. 2 are analyzed, as well as the results of their comparison with the data of the sea surface temperature.

Keywords: radiometer, IKOR, El Nino, La Nina, short-wave radiation, albedo, absorbed solar radiation, sea surface temperature

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>

Введение

На географическом факультете Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского продолжают исследования составляющих радиационного баланса Земли (РБЗ) на основе данных, получаемых с российских гидрометеорологических космических аппаратов нового поколения.

На сегодняшний момент успешно работают два прибора, сконструированные профессором Ю. А. Склярковым (1931–2014): ИКОР-М (Измеритель коротковолновой отраженной радиации), установленный на борту гелиосинхронного ИСЗ «Метеор-М» № 2, и ИСП-2М (Измеритель солнечной постоянной) – на борту геостационарного ИСЗ «Электро-Л».

Результаты спутниковых измерений сначала поступают в Научный центр оперативного мониторинга Земли, г. Москва (НЦОМЗ), затем в Лабораторию исследования составляющих радиационного баланса Земли СГУ [1]. За годы работы измерителей собран большой массив данных по отдельным элементам РБЗ, который позволил провести ряд исследований изменчивости земной климатической системы [2, 3]. Оценивались пространственно-временные вариации величин альbedo и поглощенной солнечной радиации (ПСР) для различных регионов Земли, таких как Амазонская низменность, район воздействия Юго-Восточного азиатского муссона, пустыня Сахара и др. [4–9].

Данная работа посвящена исследованию пространственно-временных вариаций величин альbedo, ПСР и температуры водной поверхности в тропической части Тихого океана во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья). Результаты оценок могут быть полезны при мониторинге и прогнозировании этих явлений, а также при климатическом моделировании атмосферных процессов в Тихоокеанском регионе.

Используемые данные измерений

Для изучения пространственно-временных вариаций составляющих РБЗ в тропической области Тихого океана использовались данные измерений двух радиометров ИКОР-М. Эти приборы предназначены для измерения потоков отраженной коротковолновой солнечной радиации в диапазоне 0,3–4 мкм, в который входят: часть ультрафиолетовой радиации, весь видимый спектр и часть ближней инфракрасной радиации. Результаты регистрации такого спектра отраженной солнечной радиации позволяют получать величины альbedo и ПСР, отнесенные к верхней границе атмосферы (ВГА) [2].

Первый радиометр ИКОР-М был установлен на гидрометеорологическом ИСЗ нового поколения «Метеор-М» № 1, который был запущен в космос в 2009 г. Данный измеритель проработал на



орбите вплоть до сентября 2014 г., что позволило получить данные практически за пять лет. Прибор функционировал нормально, информация с него поступала в НЦОМЗ без сбоев, за исключением дней, когда проводились плановые профилактические работы.

В результате работы первого радиометра ИКОР-М возникла необходимость провести анализ возможного изменения его способности корректного измерения потоков отраженной солнечной радиации. Оказалось, что в течение времени приемный элемент радиометра уменьшал свою чувствительность. Такое изменение могло возникнуть в результате снижения прозрачности стеклянного фильтра из-за загрязнения его поверхности пылью или другими мелкими частицами.

Относительно малая величина изменения чувствительности позволила учесть ее во время обработки проведенных радиометром измерений. Для оценки изменения чувствительности подходят безоблачные участки земной поверхности. В качестве подобного тестового участка был выбран район в пустыне Сахара. В результате анализа величин альbedo для этого участка был выявлен линейный тренд, который был учтен при дальнейших расчетах [10].

Как уже отмечалось ранее, с августа 2014 г. и по сей день на борту ИСЗ «Метеор-М» № 2 работает измеритель ИКОР-М, аналогичный запущенному ранее. Он функционирует уже примерно пять лет, в течение которых не возникло никаких существенных проблем с регистрацией потоков отраженной коротковолновой солнечной радиации. Информация со спутника передается в штатном режиме и оперативно пополняет базы данных о составляющих РБЗ.

Радиометры ИКОР-М, установленные на гидрометеорологических спутниках серии «Метеор-М», идентичны. Оба прибора являются надириными, со скоростью регистрации потоков отраженной коротковолновой радиации раз в секунду. Так как оба измерителя были установлены на гелиосинхронных спутниках с похожими параметрами орбиты, то алгоритм и методика обработки результатов у них одинаковы.

В августе 2014 г. «Метеор-М» № 1 и 2 поработали совместно, что позволило установить соответствие шкал этих приборов. В результате сравнения данных был рассчитан коэффициент для приведения величин потоков отраженной коротковолновой радиации и значений альbedo, полученных по измерениям ИКОР-М первого спутника, к шкале измерителя второго [10], таким образом, непрерывные наблюдения составляющих РБЗ длятся уже примерно 10 лет. Это самый длительный ряд спутниковых наблюдений в России и один из самых продолжительных в мире.

Для анализа термических условий поверхностного слоя воды в акватории тропической части Тихого океана использовался расширенный

набор данных температуры поверхности океана (ТПО) «Extended Reconstructed Sea Surface Temperature» (ERSST). Этот архив представляет собой набор ежедневных и среднемесячных величин ТПО, поступающих с международной океанологической сети наблюдений ICOADS.

Ежедневные и среднемесячные данные ТПО имеют пространственное разрешение $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ географической сетки координат. Архив данных о температуре поверхности океана с января 1854 г. по настоящее время размещен на сайте Climate Prediction Centre NOAA [11]. База данных ERSST также включает аномалии температуры поверхности океана (АТПО). Подробное описание содержания базы данных ERSST (версия 4) и методология получения значений ТПО опубликованы в работе [12].

Пространственно-временные вариации альbedo и ПСР во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья)

Изучение составляющих РБЗ в тропической части Тихого океана позволяет производить мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), которые хорошо проявляются в поле величин альbedo и ПСР [13–16]. Параллельные наблюдения и сопоставления с данными ТПО могут быть использованы для более глубокого понимания механизмов возникновения и развития таких климатических аномалий в океане.

Термином Эль-Ниньо (ЭН) называют исключительные явления, охватывающие почти всю тропическую часть Тихого океана. Эль-Ниньо является наиболее ярким примером короткопериодной изменчивости климата (на межгодовых масштабах). ЭН проявляется как повышение ТПО в экваториальной части Тихого океана.

При нормальных условиях поверхность океана у побережья Южной Америки, как правило, более холодная, чем в окружающих районах. Эта закономерность объясняется присутствием там Перуанского холодного течения и апвеллингом холодной воды. С периодичностью примерно в несколько лет, чаще всего в декабре–январе, здесь появляется тёплое течение, направленное с запада на восток и далее на юг, которое способствует опусканию холодных вод. Это течение не распространяется дальше северного Перу и развивается до марта–апреля. Однако в отдельные годы потепление может быть более интенсивным, сохраняться в течение длительного времени и охватывать почти всю тропическую часть Тихого океана. Вместо ежегодного охлаждения, наступающего в марте–апреле, поверхностные воды продолжают нагреваться на большей части экваториальной области Тихого океана. Температура поверхности океана может оставаться выше средней климатической нормы в течение года и более [17].

Используя данные поглощённой солнечной радиации и альbedo, полученные с помощью



радиометров ИКОР-М, была оценена возможность обнаружения явления ЭН в Тихом океане. Для анализа был использован ряд спутниковых данных альbedo и ПСР с января 2010 г. по январь 2019 г. Методика и алгоритм расчета среднесуточных и среднемесячных величин, построения карт составляющих РБЗ подробно изложены в работах [2, 3]. Архив карт распределения отраженной коротковолновой радиации, альbedo и ПСР, по данным гидрометеорологических спутников «Метеор-М» № 1 и 2, размещен на сайте Лаборатории исследования составляющих РБЗ СГУ [18]. Все карты альbedo по результатам работы первого радиометра ИКОР-М опубликованы в атласе альbedo [19].

Согласно данным NOAA [11], за период работы радиометров ИКОР-М наблюдалось два явления ЭН: в 2009 – 2010 гг. и в 2015 – 2016 гг., причем последнее было одно из самых интенсивных событий, наблюдаемых инструментально.

Анализ имеющегося архива карт распределения среднемесячных величин альbedo выявил хорошо прослеживаемый годовой ход значений альbedo в экваториальной части Тихого океана. Зимой наблюдается повышение значений альbedo до 15–20% – в центре Тихого океана, до 30% – на западе, а летом прослеживается уменьшение в этих областях. В восточной части океана годовой ход величины альbedo противоположен: в январе–

феврале значения понижаются до 15–20%, летом в данном регионе наблюдаются высокие значения – до 35%.

В районе 180° долготы (165° в.д. – 175° з.д.) в январе–феврале 2010 г. (пик ЭН) формируется область с высокими значениями альbedo 35–40%, связанная с развитием мощной конвективной облачности, вызванной повышением ТПО, в отдельных областях значения достигали 45%.

Наиболее сильное и продолжительное событие Эль-Ниньо в 2015–2016 гг. привело к повышению значений альbedo до 40% в районе 160° в.д. в июне 2015 г. и несколько восточнее – в январе 2016 г.

С развитием впоследствии Ла-Нинья летом 2011 г. и 2016 г. область высоких значений альbedo исчезает. Повышение ТПО на западе Тихого океана в период Ла-Нинья способствует формированию там конвективной облачности, приводящей к увеличению альbedo до 35%.

Для более детального анализа пространственно-временных вариаций составляющих РБЗ были рассчитаны среднемесячные величины альbedo и ПСР для стандартных регионов мониторинга Эль-Ниньо (Ла-Нинья), расположенных в экваториальной части Тихого океана (рис. 1). Обычно выделяют пять областей, для которых оценивают интенсивность этих событий, они условно называются Nino 1, Nino 2, Nino 3, Nino 4 и комбинированный регион Nino 3.4.

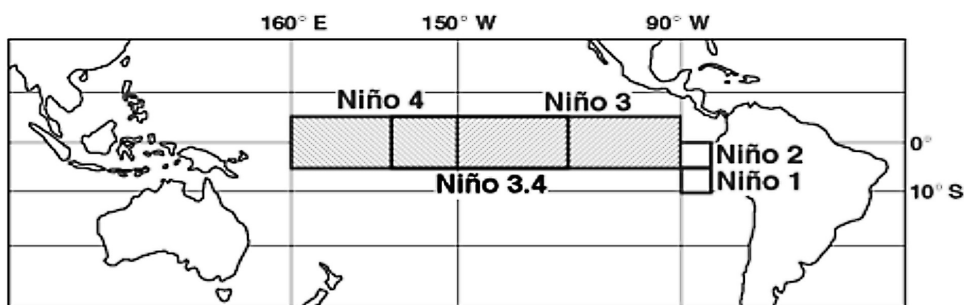


Рис. 1. Карта-схема расположения пяти регионов в экваториальной части Тихого океана для мониторинга Эль-Ниньо (Ла-Нинья)[21]

Для расчета среднемесячных величин по данным регионам была использована программа редактирования и анализа полей для ИКОР «IKOR Fields Editor» [20]. В случае отсутствия данных измерений производилась временная интерполяция для каждого рассматриваемого региона.

Проведенный анализ величин альbedo и ПСР для стандартных областей Nino с 2010 по 2019 г. позволил установить наиболее показательные регионы для выявления событий Эль-Ниньо. Такими регионами оказались Nino 4 и Nino 3.4

В качестве примера на рис. 2, а представлена изменчивость величин альbedo за рассматриваемый период для региона Nino 4 в виде графика, а также полиномиальная линия тренда (3 степени свободы), максимумы которой соответствуют

периодам развития ЭН. Значения среднемесячных величин альbedo в данном регионе во время событий Эль-Ниньо достигали 25–30%, при среднем значении 16%.

Изменение значений поглощенной радиации, представленное на рис. 2, б, также ярко выражено в данном регионе. Наблюдается понижение до 314 Вт/м² в январе 2010 г., до 304 Вт/м² в июне 2015 г. и в декабре 2015 г. (при среднем значении для данной территории – 350 Вт/м²).

Исходя из проведенного анализа, можно сделать заключение о том, что среднемесячные величины альbedo и ПСР для регионов мониторинга Эль-Ниньо могут быть использованы для определения фаз развития и интенсивности таких аномалий в Тихом океане.

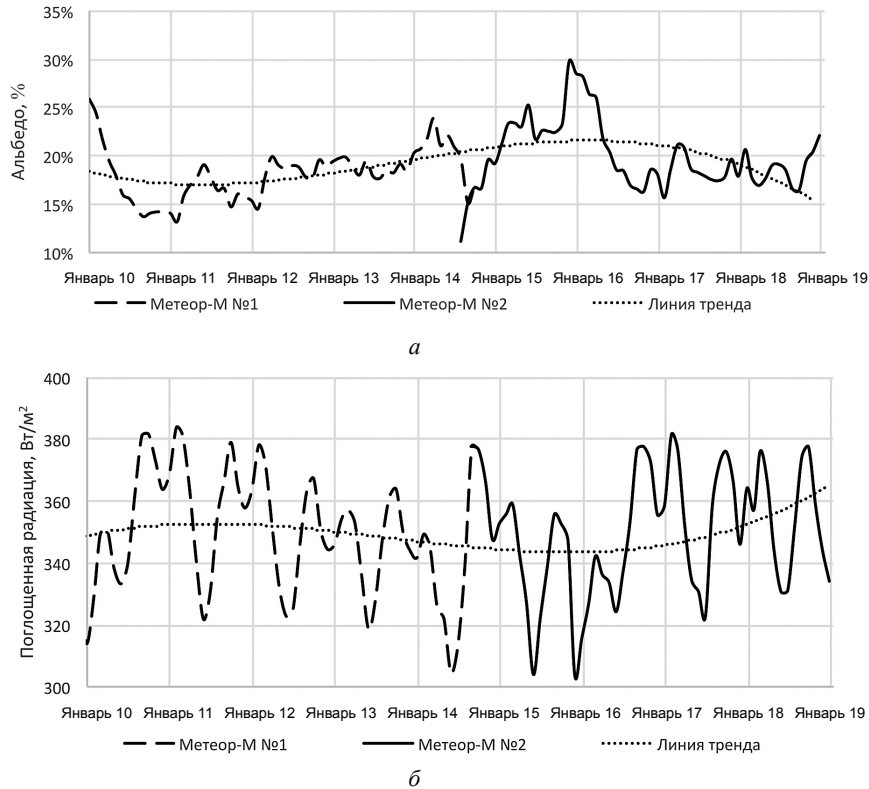


Рис. 2. Временной ход значений альbedo (а) и поглощенной солнечной радиации (б) в регионе Niño 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г.

Взаимосвязь величин составляющих РБЗ и ТПО во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья)

Во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в тропической части Тихого океана происходит повышение ТПО и изменение циркуляционных условий атмосферы. Вследствие таких изменений отмечается интенсификация образования конвективной облачности в одних районах и ее уменьшение в других. Прежде всего изменения в облакообразовании происходят в результате смещения циркуляционной ячейки Уокера, которая мигрирует вслед за областью с повышенными значениями ТПО. Очевидно, что в результате таких процессов меняется и энергетический режим в данном регионе.

В настоящей работе было произведено сопоставление данных среднемесячных величин составляющих РБЗ со среднемесячными значениями ТПО по данным архива ERSST [12]. Для каждого региона Niño были рассчитаны коэффициенты корреляции между альbedo и ТПО, а также между ПСР и ТПО для всего рассматриваемого периода времени (таблица). Коэффициенты корреляции рассчитывались по среднемесячным величинам за весь период с января 2010 по январь 2019 г. (109 значений) и за каждый календарный год по отдельности.

Наибольшая связь между величинами альbedo и ТПО в годы с событием Эль-Ниньо наблюда-

лась в регионах Niño 4 и 3.4. В 2010 г. в регионе Niño 4 коэффициент корреляции (КК) составил 0,85 и 0,86 в регионе Niño 3.4.

Стоит отметить, что максимальный КК в 2010 г. отмечался в регионе Niño 1+2, который был отрицательным $КК = -0,88$. Это связано с тем, что в данном регионе при росте значений ТПО величина альbedo не возрастала.

В 2015 г. и в 2016 г., когда наблюдалось самое интенсивное событие Эль-Ниньо за рассматриваемый период, годовые коэффициенты корреляции были равны 0,57 и 0,72 для региона Niño 4, а для региона Niño 3.4 составил 0,75 и 0,90. В регионе Niño 1+2 коэффициенты были равны -0,71 и -0,57. Несмотря на то что расчет коэффициентов корреляции осуществлялся для стационарных регионов, они имеют достаточно большую величину. Для более точной связи альbedo и ТПО необходимо учитывать динамику и перемещение зон с максимальной величиной АТПО. Этот вопрос требует более детального изучения, в особенности для неканонических событий ЭН (так называемые Эль-Ниньо Модокки), которые наблюдаются в центральной части экваториальной зоны Тихого океана [17].

В настоящей работе отдельно рассматривалась связь между значениями поглощенной солнечной радиации и ТПО (см. таблицу). Для регионов Niño 3, 4 и 3.4 наблюдалась отрицательная зависимость, а для региона Niño 1+2 – положительная.



Коэффициенты корреляций между среднегодовыми значениями составляющих РБЗ и ТПО за период с 2010 по 2018 г.

Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Альbedo и ТПО									
Nino 1+2	-0,88	-0,87	-0,79	-0,92	-0,94	-0,71	-0,57	-0,89	-0,91
Nino 3	0,35	-0,26	-0,52	-0,76	0,20	0,67	0,47	-0,88	-0,64
Nino 4	0,85	0,86	0,65	-0,71	-0,36	0,57	0,72	0,25	-0,13
Nino 3.4	0,86	0,78	0,20	0,42	0,25	0,75	0,90	-0,48	0,05
ПСР и ТПО									
Nino 1+2	0,72	0,55	0,51	0,81	0,45	0,51	0,69	0,69	0,74
Nino 3	-0,05	-0,21	-0,18	0,25	-0,37	-0,39	0,10	0,33	0,00
Nino 4	-0,86	-0,77	-0,45	-0,37	-0,03	-0,51	-0,91	-0,66	-0,21
Nino 3.4	-0,68	-0,73	-0,60	-0,52	-0,39	-0,52	-0,70	-0,56	-0,40

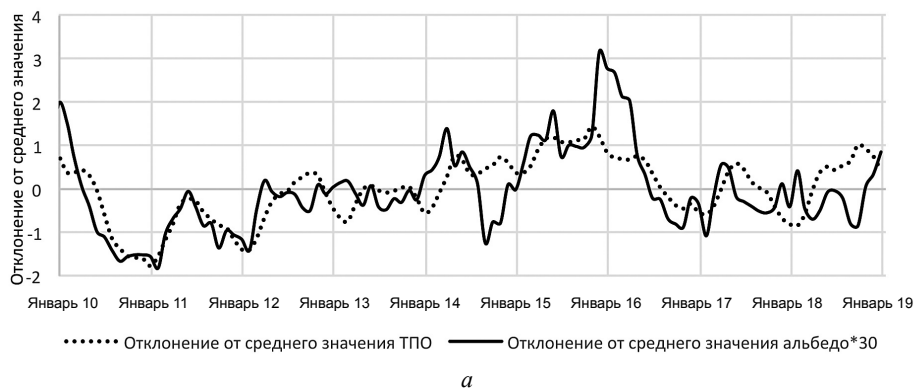
Значительные коэффициенты корреляции во время событий Эль-Ниньо для региона Nino 4 отмечались в 2010 г. (-0,86) и в 2016 г. (-0,91), для региона Nino 3.4 отмечались в 2010 г. (-0,68) и в 2016 г. (-0,70) и для региона Nino 1+2 коэффициенты были равны 0,72 (2010 г.) и 0,69 (2016 г.).

Для региона Nino 3 не было выявлено существенной взаимосвязи ТПО ни с величинами альbedo, ни с ПСР.

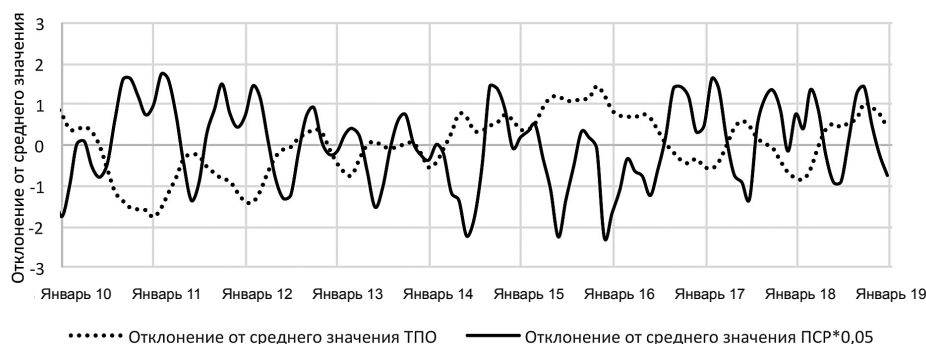
График распределения отклонений от среднего значения ТПО и альbedo для региона Nino 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г. представлен на рис. 3, а. Значения отклонений ТПО и

величин альbedo рассчитывались относительно средних значений, полученных за период работы радиометров ИКОР-М. Для удобства анализа графиков ось ординат для них общая, а значения отклонений средних величин альbedo умножены на коэффициент $b = 30$. Коэффициент корреляции между величинами альbedo и ТПО за период с января 2010 г. по январь 2019 г. составляет 0,66.

График распределения отклонений от среднего значения ТПО и поглощенной солнечной радиации для региона Nino 4 представлен на рис. 3, б. Значения отклонений для поглощенной радиации умножены на $b = 0,05$. Коэффициент



а



б

Рис. 3. Распределение отклонений от среднего значения альbedo и ТПО (а), отклонений от среднего значения ПСР и ТПО (б) для региона Nino 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г.



корреляции между ПСР и ТПО за период с января 2010 г. по январь 2019 г. отрицательный и составляет $-0,54$.

Анализ коэффициентов корреляции между альбедо и ТПО за весь период времени (январь 2010 г. – январь 2019 г.) вне зависимости, наблюдалось ли явление Эль-Ниньо или нет, показал, что для регионов Nino 4 и Nino 1+2 они оказались максимальными: $0,66$ и $-0,64$ соответственно. Для региона Nino 3.4 коэффициент составил $0,53$ и для региона Nino 3 равен $-0,08$.

Максимальные коэффициенты корреляции между ПСР и ТПО наблюдались для региона Nino 4 ($КК = -0,54$) и для Nino 1+2 ($КК = 0,59$). Для региона Nino 3.4 коэффициент составил $-0,50$ и для региона Nino 3 равен $-0,04$.

В целом для оценки взаимосвязи ТПО с составляющими РБЗ могут быть использованы как величины альбедо, так и ПСР. Наибольший отклик на изменчивость ТПО проявляется в поле альбедо. Для некоторых лет с событием ЭН коэффициент корреляции превышал $0,9$. Найденные связи ТПО и составляющих РБЗ свидетельствуют о том, что энергобалансовый режим экваториальной части Тихого океана зависит от событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), оказывая влияние на изменчивость климатической системы тропических широт.

Заключение

Среднемесячные величины альбедо и поглощенной солнечной радиации могут быть использованы в качестве предикторов при определении фаз развития и интенсивности событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане. Самыми оптимальными регионами для мониторинга таких климатических событий могут выступать регионы Nino 4 и Nino 3.4.

Составляющие РБЗ имеют существенный отклик вследствие изменения ТПО в экваториальной части Тихого океана. В различные годы для рассматриваемого периода коэффициенты корреляции между величинами альбедо и ТПО достигали $0,85-0,90$, а между величинами ПСР и ТПО достигали от $-0,86$ до $-0,91$. Наибольшие взаимосвязи обнаружены для регионов Nino 4, Nino 3.4 и Nino 1+2.

Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16 35-00284 мол_а).*

Библиографический список

1. Скларов Ю. А., Червяков М. Ю., Котума А. И. Лаборатория исследования составляющих радиационного баланса Земли Саратовского государственного университета // География в Саратовском университете. Современные исследования : сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2014. С. 166–172.
2. Скларов Ю. А., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М. Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 83–90.
3. Скларов Ю. А., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ «Метеор-М» № 1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 2. С. 173–180.
4. Скларов Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Особенности распределения поглощенной солнечной радиации в 2010–2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 2. С. 272–283.
5. Скларов Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Особенности распределения альбедо в 2010–2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 4. С. 107–117.
6. Скларов Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Некоторые результаты обработки данных поглощенной солнечной радиации и альбедо, полученных с помощью аппаратуры ИКОР-М // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 30–33.
7. Червяков М. Ю. Пространственно-временные вариации альбедо и поглощенной солнечной радиации и реакция земной климатической системы : дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 2015. 146 с.
8. Червяков М. Ю., Котума А. И., Богданов М. Б., Суркова Я. В., Спирихина А. А., Кулькова Е. В., Шишкина Е. В., Шаркова С. А., Нейштадт Я. А. Спутниковый мониторинг альбедо и поглощенной солнечной радиации на верхней границе атмосферы с помощью российских радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Пятнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 225.
9. Червяков М. Ю., Богданов М. Б., Котума А. И., Шишкина Е. В., Спирихина А. А., Суркова Я. В., Кулькова Е. В., Великанов В. С. Особенности пространственно-временных вариаций альбедо и поглощенной солнечной радиации по данным измерений радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Четырнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2016. С. 207.
10. Богданов М. Б., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю. Связь шкал измерителей коротковолновой отраженной радиации ИКОР-М ИСЗ «Метеор-М» № 1 и № 2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 252–260.
11. Climate Prediction Centre [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> (дата обращения: 10.02.2019).
12. Huang B., Banzon V. F., Freeman E., Lawrimore J., Peterson W., Liu T. C., Smith T. M., Thorne P. W., Woodruff S. D., Zhang H. M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4 (ERSST.v4). Part I. Upgrades and intercomparisons // Journal of Climate. 2014. № 28. P. 911–930.



13. Червяков М. Ю., Котума А. И., Суркова Я. В., Спирыхина А. А., Кулькова Е. В., Шишкина Е. В. Изменчивость величин альbedo и поглощенной солнечной радиации в тропической части Тихого океана по данным спутниковых радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Пятнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 226.
14. Спирыхина А. А., Червяков М. Ю. Спутниковый мониторинг составляющих радиационного баланса Земли во время явлений Эль-Ниньо в Тихом океане // Фундаментальные и прикладные космические исследования : сб. тр. XIV конф. мол. ученых, посвящ. Дню космонавтики / под ред. А. М. Садовского. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 120–124.
15. Спирыхина А. А., Червяков М. Ю. Пространственно-временные вариации составляющих радиационного баланса Земли во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) // Комплексные исследования Мирового океана : материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых. М. : ИО РАН, 2017. С. 265–266.
16. Суркова Я. В., Червяков М. Ю. Альbedo и поглощенная солнечная радиация на верхней границе атмосферы над Мировым океаном по данным спутниковых измерений // Комплексные исследования Мирового океана : материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых. М. : ИО РАН, 2017. С. 275–276.
17. Гуцина Д. Ю. Модификация Эль-Ниньо в условиях меняющегося климата : причины, мониторинг, удаленный отклик : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2014. 50 с.
18. Лаборатория исследования составляющих радиационного баланса Земли СГУ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sgu.ru/structure/geographic/metclim/balans> (дата обращения: 10.02.2019).
19. Червяков М. Ю., Котума А. И., Спирыхина А. А. Атлас альbedo по данным измерений отраженных потоков коротковолновой радиации, полученных с помощью гидрометеорологического спутника «Метеор-М» № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2017/08/03/atlas_albedo.pdf (дата обращения: 10.02.2019).
20. Программа редактирования и анализа полей для ИКОР «IKOR Fields Editor». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618768 от 17 сентября 2013 года.
21. Pielke R. A., Landsea Jr., Landsea C. W. La Nina, El Nino, and Atlantic Hurricane Damages in the United States // Bull. Amer. Meteor. Soc. Vol. 80. P. 2027–2032.

Образец для цитирования:

Червяков М. Ю., Спирыхина А. А. Мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане по данным спутниковых радиометров ИКОР-М // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>

Cite this article as:

Cherviakov M. Yu., Spiryakhina A. A. Monitoring El Nino (La Nina) Events in the Pacific Ocean According to the Satellite Radiometers IKOR-M. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 35–41 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>
