

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра метеорологии и климатологии

**Мониторинг события Эль-Ниньо по данным спутникового
зондирования Земли**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Спиряхиной Анастасии Андреевны

Научный руководитель,

доцент, к.г.н.

М.Ю. Червяков

И.о. зав.афедрой,

доцент, к.г.н.

М.Ю. Червяков

Саратов 2019

Введение. Изучение явлений, происходящих в океане, которые оказывают влияние на климат планеты, становится одной из приоритетных задач, в связи с проблемой глобального потепления климата. В глобальном масштабе повышение температуры океана было самым значительным вблизи поверхности, и температура в верхних 75 м повышалась на $0,11^{\circ}\text{C}$ за десятилетие в период 1971–2010 гг., что было отмечено в докладе ИРСС [1].

Явление Эль-Ниньо (ЭН) - яркий пример короткопериодной изменчивости климата, которое оказывает значительное влияние на экономику и жизнь людей: засухи, наводнения, сокращение рыбных уловов, потери урожая, увеличение количества тропических циклонов. Изучение механизмов этого события необходимо для понимания и прогнозирования экстремальных погодных явлений. Эль-Ниньо проявляется в значительном повышении температуры поверхности океана (ТПО), что приводит к развитию мощной конвективной облачности и выпадению интенсивных осадков [2].

Изменение повторяемости этих явлений может иметь глобальные последствия, отражающиеся на осадках и температуре. За весь период наблюдений ЭН было зарегистрировано два наиболее мощных в 1997-1998 гг и в 2015-2016 гг. В период работы радиометра ИКОР произошло два события Эль-Ниньо.

Одним из методов выявления события ЭН является мониторинг аномалий ТПО. В данной работе рассматривается связь между ТПО и составляющими радиационного баланса Земли в тропической части Тихого океана.

Вышеизложенное определяет главную цель исследования: изучение взаимосвязи составляющих радиационного баланса Земли (РБЗ) и ТПО в Тихом океане во время событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Предмет исследования – взаимодействие между компонентами радиационного баланса Земли и ТПО во время Эль-Ниньо.

Основное содержание работы За период работы радиометра наблюдалось два значительных событий Эль-Ниньо. Используя данные поглощённой солнечной радиации (ПКР) и альбедо, полученные с помощью радиометра ИКОР-М, была оценена возможность обнаружения этого явления в Тихом океане с 2010 по 2019 год [3 - 5]. По результатам проведенных расчетов были построены графики, на которых показано как проявляется Эль-Ниньо в поле ПКР.

Для расчета среднемесячных величин поглощенной коротковолновой радиации по этим регионам было осуществлено выделение соответствующих территорий. Для поля поглощенной солнечной радиации в каждой выделенной области хорошо прослеживается годовой ход значения этой характеристики. Значения поглощенной коротковолновой радиации изменяются в пределах 300-400 Вт/м², в регионе Niño 1+2 значения опускались до 250 Вт/м². Этот ход противоположен годовому ходу альбедо. Также на графиках прослеживается влияние внутритропической зоны конвергенции (ВЗК), где наблюдается сходимость воздушных течений, вследствие чего в этой зоне развивается мощная конвективная облачность (в соответствии с рисунком 1)

На графиках ВЗК проявляется уменьшением значений ПКР в декабре, так как облачность отражает значительное количество солнечной радиации. В регионе Niño 1+2 влияние ВЗК не прослеживается.

Во время Эль-Ниньо в 2010 г и 2015-2016 гг значения поглощенной радиации наблюдались в среднем ниже, чем в период между этими событиями в регионах 3,4 и 4. Особенно ярко выражено понижение ПКР в регионе Niño 4, где во время первого события значения опустились до 313 Вт/м² в январе 2010. Во время второго события наблюдалось два минимума в июне 2015 года - 304 Вт/м² и в декабре 2016 - до 303 Вт/м². Полученные данные совпадают с данными NOAA для индекса ОНИ в регионе 3.4.

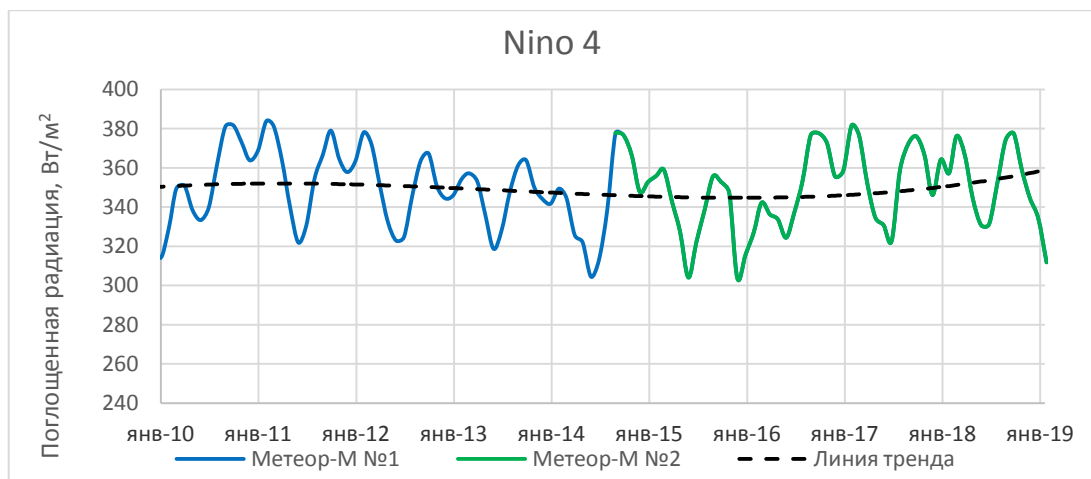


Рисунок 1 – Временной ход значений ПКР для региона Nino 4 с кубическим трендом (составлено автором)

Был проведен анализ для стандартных областей Nino 1+2, 3, 3.4 и 4. Для расчета среднемесячных величин альбедо по этим регионам было осуществлено выделение соответствующих территорий. Имеющиеся данные со спутников позволили рассмотреть и изучить изменчивость значений составляющих радиационного баланса отдельно для каждого региона за период с 2010 по 2019 гг.

Явление Эль-Ниньо принято выделять по значениям аномалий ТПО. По результатам проведенных расчетов были построены графики, на которых показано как проявляется Эль-Ниньо в поле альбедо.

Значения колебались в пределе 10-38 %. В регионе 1.2 хорошо прослеживается годовой ход данной характеристики: осенью – увеличение, в конце зимы и весной – уменьшение в среднем до 15 %. В остальных регионах этот ход не так явно выражен, либо не прослеживается.

Во время события Эль-Ниньо значения альбедо увеличивались во всех регионах, особенно сильно до 25 % в регионах Nino 3, 3.4 и 4 (по сравнению с обычными 15 % в данных областях), что обусловлено смещением конвективной облачности восточнее 160° в.д., Тихого океана.

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

В результате сопоставления данных среднемесячных значений альбедо со среднемесячными значениями температуры поверхности океана, осредненных для стандартных регионов Nino была выявлена корреляционная зависимость. [7 - 11] Значения отклонений ТПО рассчитывались относительно среднего значения, полученного за период работы ИКОР. Коэффициент корреляции в регионах 4 и 3.4, где прослеживается наибольшая связь между величинами, равны 0,72 и 0,73 соответственно.

На рисунке 3 показан график распределения отклонений от среднего значения ТПО и альбедо с декабря 2009 года по июль 2017 в регионе NINO 1+2. Значения отклонений ТПО и величин альбедо рассчитывались относительно средних значений, полученных за период работы радиометров ИКОР-М. Для удобства анализа графика, ось ординат для них общая, а значения отклонений средних величин альбедо умножены на коэффициент $b=30$.



Рисунок 3 – Временной ход значений от среднего значения альбедо и ТПО для региона Nino 1+2 (составлено автором)

Отдельно рассматривалась связь между значениями поглощенной коротковолновой солнечной радиации (ПКР) и ТПО. В данном случае, для регионов Nino 3, 4 и 3.4 наблюдалась отрицательная зависимость, и для региона 1+2 – положительная. Связь между величинами сильнее всего прослеживалась в регионе Nino 4, коэффициент корреляции равен -0,63

В настоящей работе был произведено сопоставление данных среднемесячных величин составляющих РБЗ со среднемесячными значениями ТПО по данным архива ERSST [12]. Для каждого региона Nino были рассчитаны коэффициенты корреляции (КК) между альбедо и ТПО (в соответствии с таблицей 1), а также между ПКР и ТПО для всего рассматриваемого периода времени (в соответствии с таблицей 2).

Наибольшая связь между величинами альбедо и ТПО в годы с событием Эль-Ниньо наблюдалась в регионах Nino 4 и 3.4. В 2010 году в регионе Nino 4 КК = 0,85, и КК = 0,86 в регионе Nino 3.4.

Стоит отметить, что максимальный КК в 2010 году отмечался в регионе Nino 1+2 и был отрицательным КК= -0,88. Это связано с тем, что в данном регионе при росте значений ТПО, величины альбедо не возрастали. В данном регионе значения ТПО в среднем колебались от 20 °С до 26 °С, следовательно, здесь сильная конвекция не образовывалась. Температура в остальных регионах достигала 30 °С, что приводило к образованию кучевой облачности и увеличению альбедо.

Таблица 1 - Коэффициенты корреляций между среднегодовыми значениями альбедо и ТПО за период с 2010 по 2018 гг (составлено автором)

Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
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

Таблица 2 - Коэффициенты корреляций между среднегодовыми значениями ПСР и ТПО за период с 2010 по 2018 гг (составлено автором)

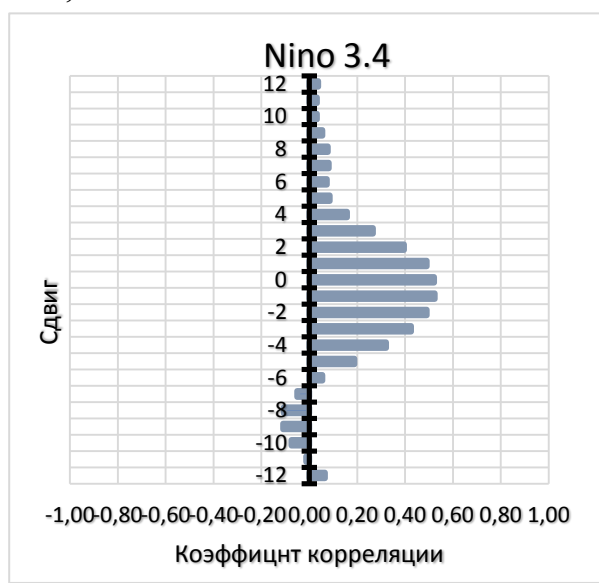
Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nino 1+2	0,72	0,55	0,51	0,81	0,45	0,51	0,69	0,69	0,74
Nino 3	-0,05	-0,21	-0,18	0,25	-0,37	-0,39	0,10	0,33	0,00
Nino 4	-0,86	-0,77	-0,45	-0,37	-0,03	-0,51	-0,91	-0,66	-0,21
Nino 3.4	-0,68	-0,73	-0,60	-0,52	-0,39	-0,52	-0,70	-0,56	-0,40

В 2015-2016 гг, когда наблюдалось самое интенсивное событие Эль-Ниньо за рассматриваемый период, коэффициенты корреляции были равны 0,57 и 0,72 для региона Nino 4, а для региона Nino 3.4. составил 0,75 и 0,90. В регионе Nino 1+2 коэффициенты были равны -0,71 и -0,57.

Отдельно рассматривалась связь между значениями поглощенной солнечной радиации и ТПО (табл. 1). В данном случае, для регионов Nino 3, 4 и 3.4 наблюдалась отрицательная зависимость, и для региона Nino 1+2 – положительная. Для региона Nino 3 не было выявлено существенной взаимосвязи ТПО ни с величинами альбедо, ни с ПКР.

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

Максимальные коэффициенты корреляции между ПКР и ТПО наблюдаются для региона Nino 4 (КК = -0,54) и для Nino 1+2 (КК = 0,59). Для региона Nino 3.4 коэффициент составляет -0,50.



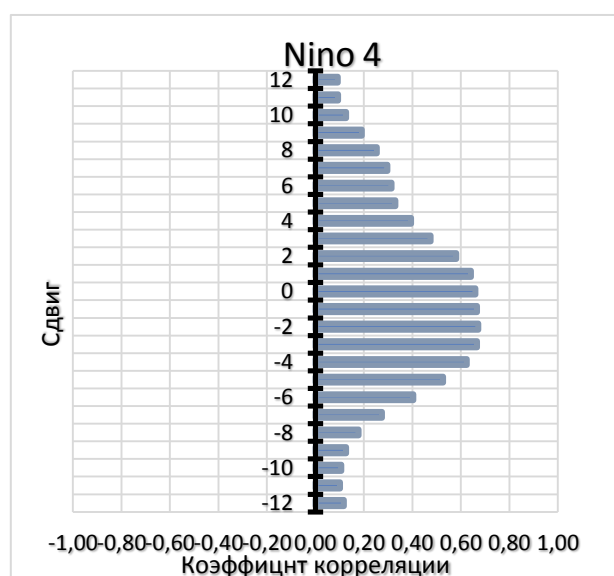
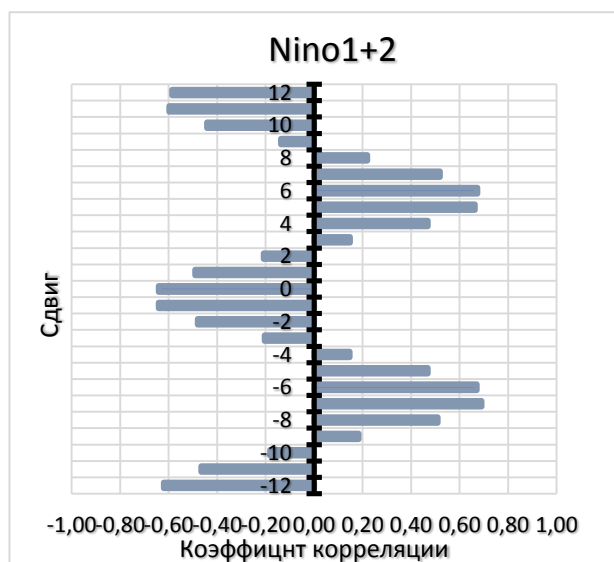
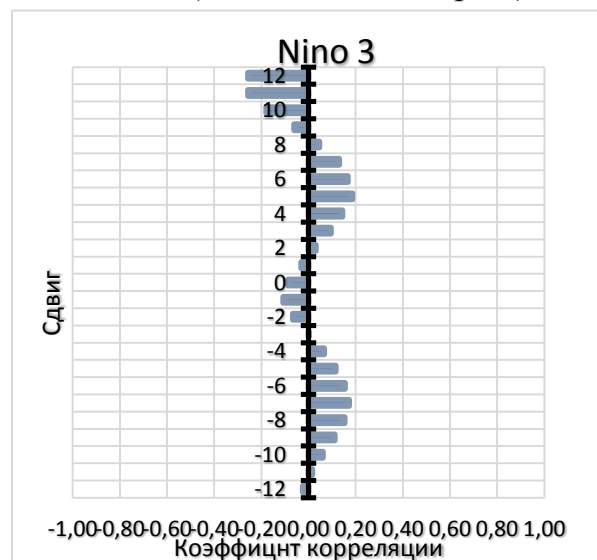


Рисунок 5 - Коэффициенты кросс-корреляции для ТПО и Альбедо для регионов Nino за период с января 2010 по январь 2019 года (составлено автором)



На рисунке 5 изображены диаграммы, показывающие как меняется коэффициент корреляции в

зависимости от временного сдвига ряда ТПО относительно ряда альбедо. Ряд ТПО сдвигался на 12 месяцев в обе стороны. При сдвиге ТПО на 1 один месяц назад наблюдались либо максимальные значения коэффициента корреляции, либо равные коэффициентам при отсутствии временного сдвига. В регионах 1+2 и 3.4 коэффициенты не менялись, в региона 3 и 4 коэффициенты росли.

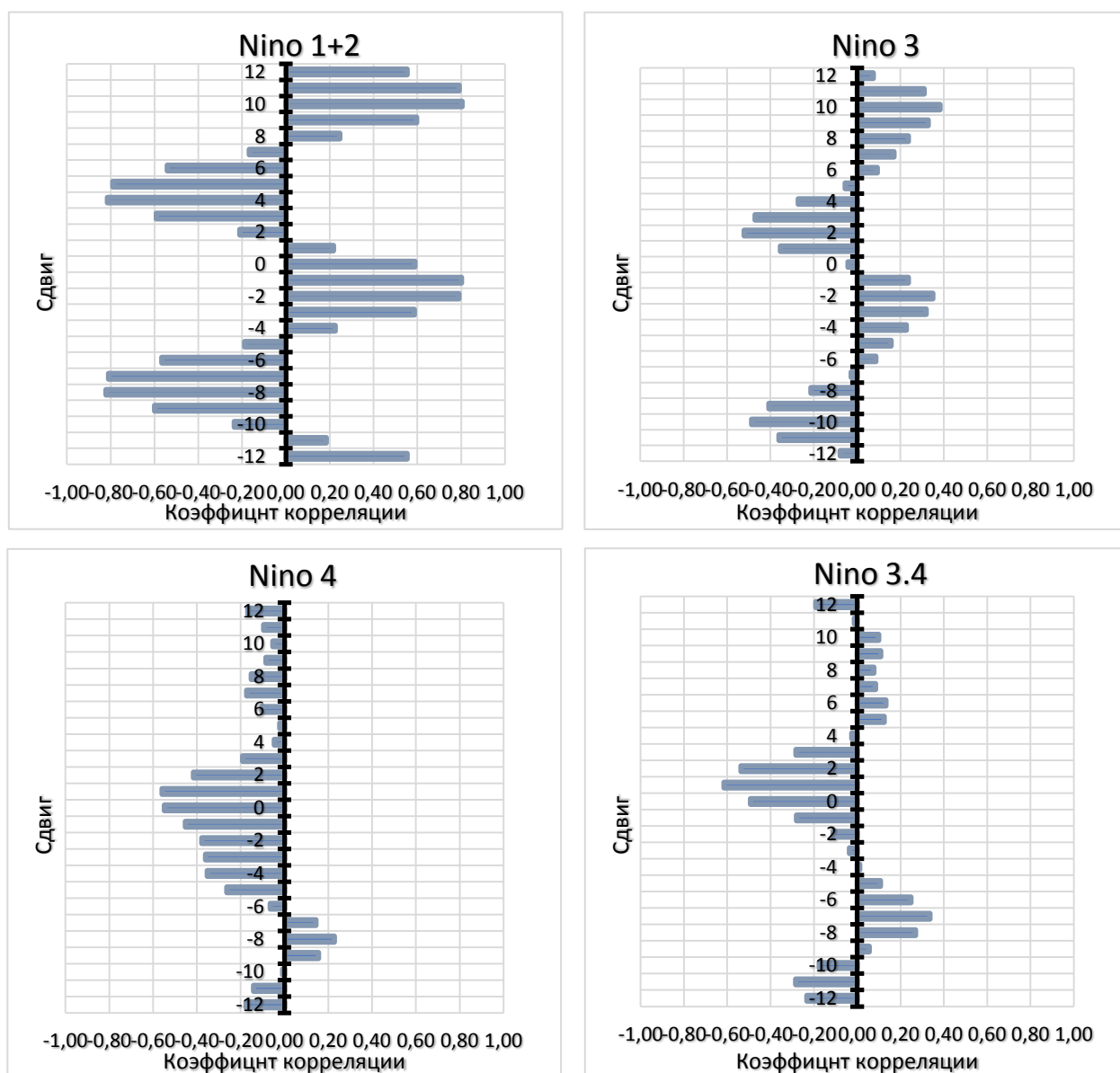


Рисунок 6 - Коэффициенты кросс-корреляции для ТПО и ПСР для регионов Nino за период с января 2010 по январь 2019 года (составлено автором)

На рисунке 6 изображены диаграммы, показывающие как меняется коэффициент корреляции в зависимости от временного сдвига ряда ТПО относительно ряда ПСР. Как было отмечено ранее, в регионе 1+2 периоды с максимальными значениями ТПО отстают от тех же периодов ПСР. Так, без временных сдвигов коэффициент корреляции для этих величин равен 0,59, со сдвигом ТПО на 1 и 2 месяца, коэффициент существенно выше, и равен 0,80 и 0,79 соответственно. В регионе 3 максимальные значения коэффициента

корреляции наблюдаются также при временном сдвиге ТПО на 1 и 2 месяца. В остальных регионах максимум отмечается без временных сдвигов.

На диаграммах для альбедо и ТПО можно выделить два типа распределения коэффициентов корреляции. С полугодовой периодичностью в регионах 1+2 и 3, в последнем плохо прослеживается, (2 максимума и 2 минимума в течение года) и с периодом равным году в 4 и 3.4 регионах (1 максимум и 1 минимум). У ТПО нет явного сезонного хода в этих регионах. У альбедо же сезонный ход четко прослеживается только в 1+2 регионе. Отсюда получается, что во всех регионах кроме 1+2 нет четкой периодичности на графиках кросс-корреляции, так как у одной из величин (альбедо и ТПО) или у обеих нет четкого сезонного хода.

У ПКР сезонный ход выражен практически во всех регионах, следовательно и на диаграммах периодичность более-менее четко прослеживается: лучше всего в регионе 1+2 и практически не прослеживается в 4 регионе.

Заключение. Было изучено взаимодействие между составляющими радиационного баланса Земли в коротковолновом диапазоне и события Эль-Ниньо. Были установлены закономерности изменения компонентов РБЗ в зависимости от появления ЭН.

По результатам проделанной работы можно сделать выводы:

Изучение составляющих РБЗ в тропической части Тихого океана, позволяет производить мониторинг события Эль-Ниньо, которое ярко проявляется в поле альбедо и поглощенной солнечной радиации по данным радиометра ИКОР-М.

Во время ЭН на западе и в центре экваториальной части Тихого океана формируется область с высокими значениями альбедо 35 – 40 %, связанная с развитием мощной конвективной облачности. Эль-Ниньо значительно увеличивает значения альбедо в рассматриваемых регионах, а значения ПСР наблюдаются в среднем ниже, чем в период между событиями.

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.

Составляющие РБЗ имеют существенный отклик в следствии 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.

По причине отставания максимальных и минимальных значений ТПО от значений составляющих РБЗ наилучшей взаимосвязи между величинами можно добиться, сдвигая ряд значений ТПО, тем самым получая максимальные значения корреляции между величинами.

