

*Л.Б. Чанга*

**ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДИКТОРЫ  
ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ОСАДКОВ  
В МАРТЕ – МАЕ И В ОКТЯБРЕ – ДЕКАБРЕ В ТАНЗАНИИ**

*L.B. Changa*

**POTENTIAL PREDICTORS  
FOR LONG-TERM PRECIPITATION FORECASTS IN TANZANIA  
FOR MARCH – MAY AND OCTOBER – DECEMBER**

*Рассматриваются потенциальные предикторы для долгосрочного прогноза осадков в Танзании. Проведено разложение полей среднемесячной температуры поверхности океана (ТПО) по ЭОС для Индийского и Атлантического океанов. Показано, что уже первые четыре главных компонента (ГК) описывают более 95 % дисперсии исходного поля ТПО. Выявлены статистически значимые связи между сезонными осадками и совокупностью потенциальных предикторов, включающих: Эль-Ниньо и южное колебание; солнечную активность; квазидвухлетнюю цикличность и первые четыре ГК разложения по ЭОС ТПО Индийского и Атлантического океанов, а также уходящее длинноволновое излучение над экваториальной частью Тихого океана и индекс пассатного ветра на уровне 850 гПа.*

*Potential predictors for long-range rainfall prediction in Tanzania are studied. Empirical orthogonal function (EOF) is applied to the sea surface temperature (SST's) along the Indian and Atlantic Oceans. The result of EOF analysis showed that the first four principal components (PC) explained more than 95% of the variance in the SST variability. Among the potential predictors revealed by the correlation analysis include El-Nino and South Oscillation index, quasibiennial oscillation (QBO), solar activity, the first four principal components by EOF on the SST's along the Indian and Atlantic Oceans, also outgoing long wave radiation and the trade wind index along the Pacific.*

Формирование осадков в Танзании, так же как и в любой другой области Земли, определяется направлением и интенсивностью воздушных переносов, степенью увлажнения и стратификацией воздушных масс и особенностями региональных физико-географических условий. Существенные аномалии режима осадков непосредственно связаны с соответствующими преобразованиями атмосферной циркуляции. Длительные и крупномасштабные изменения региональных атмосферных переносов, в свою очередь, зависят от изменений интенсивности и географической локализации основных циркуляционных систем, являющихся звеньями общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Поэтому совершенствование и создание методов месячного и сезонного прогнозов погоды во всех странах основано на изучении закономерностей процессов преобразования атмосферной циркуляции и их связей с деятельным слоем океана и суши.

В последние десятилетия большое внимание уделяется исследованиям квазициклических процессов крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана, таких, как явление Эль-Ниньо и южное колебание [Астафьева, 1996; Torrence, 1998], североатлантическое и северотихоокеанское колебания [Смирнов, 2002, 2004], а также квазидвухлетнего цикла стратосферных переносов в экваториальной зоне [Угрюмов, 1968], воздействия космических факторов на ОЦА и региональные тенденции режима осадков. Многочисленные работы посвящены вопросу влияния солнечной активности на климат и погоду различных районов Земли [Покровская, 1969, 1975; Гирс, 1978; Багров, 1985].

### ***Крупномасштабные взаимодействия атмосферы и океана в тропических районах Индийского, Атлантического и Тихого океанов***

В процессе динамического взаимодействия океан и атмосфера обмениваются механической (главным образом, кинетической) энергией. Поскольку запасы кинетической энергии в атмосфере значительно больше, чем в океане, она является ведущим звеном в динамическом взаимодействии. Напряжение трения, создаваемое ветром на поверхности океана, в сочетании с силой Кориолиса приводит к возникновению в нем дрейфовой (ветровой), а затем и географической циркуляции, которая формирует главные течения Мирового океана.

В процессе физико-химического взаимодействия происходит обмен газами, солями и другими веществами между океаном и атмосферой. Здесь роль океана и атмосферы одинаково важна. Почти весь содержащийся в атмосфере водяной пар и соли поступают из океана. Океан поглощает атмосферный кислород и другие газы, из которых наиболее важен углекислый газ; в океан осаждаются атмосферная пыль. Вследствие большой тепловой инерции океана и больших пространственных масштабов его влияния на атмосферу, особенности крупномасштабного взаимодействия этих сред должны учитываться при совершенствовании методов долгосрочного прогноза погоды (ДПП).

В качестве потенциальных предикторов долгосрочных прогнозов осадков для Танзании рассмотрены: температура поверхности океана в Индийском, Тихом и Атлантическом океанах; индекс южного колебания (SOI); индексы Эль-Ниньо (NINO12, NINO3, NINO4, NINO34) и индекс северо-атлантического колебания (САК-NAO).

### ***Процесс южное колебание – Эль-Ниньо***

Явлению Эль-Ниньо и южному колебанию посвящено много публикаций [Астафьева, 1996; Nicholson, 1997; Torrence, 1998]. Полагают, что эти процессы играют определяющую роль в изменчивости полей осадков в восточной Африке [Kabanda, 1999; Clark, 2003; Jury, 2005].

Южное колебание – крупномасштабный атмосферный процесс, развивающийся над акваторией Тихого океана и тесно связанный с явлением Эль-Ниньо – резким потеплением океанических вод вблизи тихоокеанского побережья Центральной Америки. Этот процесс планетарного масштаба в системе атмо-

сфера–океан, южное колебание и Эль-Ниньо (ЮКЭН или ENSO – El-Nino and Southern Oscillation) оказывает заметное влияние на динамику всей климатической системы планеты, воздействуя на циркуляции Гадлея и Уокера и на расположение областей активной конвекции в приэкваториальной зоне.

Предполагается, что процессы в тропической зоне играют важную роль в формировании динамики климата в масштабах десятилетия и более.

В 1920-х годах Уокер (Gilbert Walker), работая в Индии над проблемой предсказания муссонов, приносящих нередко катастрофические явления, обнаружил зависимость между данными, полученными на станциях в западной и восточной частях Тихого океана. Термин «южное колебание» был введен им для обозначения аномалий приземного атмосферного давления вдоль тропической зоны.

Вблизи центров действия южного колебания противоположного знака находятся станции, расположенные на о. Таити (17<sup>0</sup> ю.ш., 150<sup>0</sup> з.д.) и в городе Дарвин (12<sup>0</sup> ю.ш., 150<sup>0</sup> в.д.). Считается, что временной ряд разностей нормализованных аномалий давления на этих станциях (индекс южного колебания SOI) является наиболее обоснованной характеристикой временной динамики южного колебания. Обычно его вычисляют по формулам:

$$\sigma_{y,m} = \left[ \frac{P_{y,m} - \bar{P}_m}{\varepsilon} \right]_{\text{Таити}} - \left[ \frac{P_{y,m} - \bar{P}_m}{\varepsilon} \right]_{\text{Дарвин}}, \text{ SOI} = \frac{\sigma_{y,m}}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $P_{y,m}$  – фактическое атмосферное давление;  $\bar{P}_m$  – среднее многолетнее значение (норма)  $P_{y,m}$ , индексы  $y, m$  обозначают год и месяц;  $\sigma$  – стандартное отклонение всех разностей  $\sigma_{y,m}$  за период 1951 – 1980 гг.;  $\varepsilon$  – стандартное отклонение всех значение  $P_{y,m}$  за период 1951 – 1980 гг.

Отрицательные значения индекса SOI тесно связаны с событиями Эль-Ниньо, а положительные – с Ла-Ниньо.

Различные индексы Эль-Ниньо (NINO12, NINO3, NINO34, NINO4) представляют собой усредненные среднемесячные значения температуры поверхности океана в различных частях Тихого океана (табл. 1).

Связь между Эль-Ниньо (в океане) и южным колебанием (в атмосфере) была осознана после сильного Эль-Ниньо в 1957 г.

При нормальных условиях ( $\text{SOI} \cong 0$ ) северо-восточные и юго-восточные пассатные ветры нагоняют теплую воду в западную часть Тихого океана; уровень моря здесь на 40 см превышает уровень моря в восточной части. Сгон воды сопровождается апвеллингом – подъемом глубинной холодной воды, богатой питательными веществами у тихоокеанского побережья Южной Америки. При ( $\text{SOI} > 0$ ) описанные явления выражены сильнее.

Когда индекс SOI уменьшается и становится отрицательным, градиент давления между восточной и западной частями Тихого океана заметно уменьшается. Не испытывая сопротивления ветра, теплая вода устремляется на восток, достигает берегов Южной Америки, затем движется к северу, к югу и в виде отраженной волны – на запад. В результате область теплой воды быстро расширяется.

Повышение температуры поверхности в восточной и центральной частях Тихого океана меняет расположение областей конвекции в атмосфере. Обычно конвекция активна над Индонезией и в западной части Тихого океана. С уменьшением индекса южного колебания в окрестностях австралийско-индонезийского центра действия наступает период очень сухой погоды, а в центральных и восточных частях Тихого океана, где дождей обычно не бывает, начинаются проливные дожди. Меняется расположение областей конвекции в атмосфере не только над Тихим океаном, но и во всей приэкваториальной зоне. Сухая погода приходит на западные побережья Африки и Южной Америки, где обычно выпадает нормальное количество осадков. Наблюдается смещение траекторий тропических циклонов. В Атлантике при Эль-Ниньо заметно уменьшается, а в Полинезии увеличивается число дней с тропическими циклонами [Астафьева, 1996].

Для нахождения прогностических связей полей осадков и температуры поверхности океана (ТПО) были использованы среднемесячные значения ТПО в узлах регулярных сеток:  $2^{\circ}$  по широте ( $\varphi$ ) и по долготе ( $\lambda$ ) для Индийского океана;  $4^{\circ}$  по  $\varphi$  и по  $\lambda$  для Атлантического океана. Эти данные находятся в свободном доступе в сети Интернет и оперативно пополняются с небольшим запаздыванием во времени. Объем выборки для сезонных осадков и всех потенциальных предикторов для их прогноза составлял 42 года (1961 – 2002 гг.).

Территория Индийского океана была разбита на 11 частей, поименованных как INDO1 – INDO11 (см. табл. 1). На основе данных по среднемесячным значениям ТПО для каждой части Индийского океана и для южной части Атлантики были вычислены ЭОС [Багров, 1959]. В табл. 2 для примера приводится оценка точности сходимости разложения по ЭОС среднемесячных значений ТПО в районе INDO3. Видно, что уже первые четыре главных компонента (ГК) описывают более 95 % дисперсии ( $\beta_i$ ) исходного поля ТПО, причем на долю первого ГК приходится от 64 до 89 %. Это означает, что практически вся информация об изменчивости ТПО Индийского океана сосредоточена в первых четырех ГК. Следовательно, для нахождения прогностических связей между сезонными осадками и потенциальными предикторами ТПО достаточно испытать не более четырех ГК.

**Сведения о потенциальных предикторах (пред.)**

ТПО Индийского океана				ТПО Атлантического океана (усредненные значения)		
пред.	широта	долгота	кол-во узлов	пред.	широта	долгота
INDO1	0–10 <sup>0</sup> ю.ш.	40–60 <sup>0</sup> в.д.	60	NATL	5 – 20 <sup>0</sup> с.ш.	60 – 30 <sup>0</sup> з.д.
INDO2	0–10 <sup>0</sup> ю.ш.	62–80 <sup>0</sup> в.д.	60	SATL	0 – 20 <sup>0</sup> ю.ш.	30 <sup>0</sup> з.д.–10 <sup>0</sup> в.д.
INDO3	0–10 <sup>0</sup> ю.ш.	82–102 <sup>0</sup> в.д.	60	TATL	0 <sup>0</sup> ю.ш.–10 <sup>0</sup> с.ш.	0 – 360 <sup>0</sup>
INDO4	12–20 <sup>0</sup> ю.ш.	40–60 <sup>0</sup> в.д.	42	ТПО Тихого океана (усредненные значения)		
INDO5	12–20 <sup>0</sup> ю.ш.	62–80 <sup>0</sup> в.д.	47	NINO12	0 – 10 <sup>0</sup> ю.ш.	90 – 80 <sup>0</sup> з.д.
INDO6	12–20 <sup>0</sup> ю.ш.	82–120 <sup>0</sup> в.д.	94	NINO3	5 <sup>0</sup> с.ш.–5 <sup>0</sup> ю.ш.	150 – 90 <sup>0</sup> з.д.
INDO7	20–30 <sup>0</sup> ю.ш.	40–60 <sup>0</sup> в.д.	56	NINO4	5 <sup>0</sup> с.ш.–5 <sup>0</sup> ю.ш.	150 <sup>0</sup> з.д.–160 <sup>0</sup> в.д.
INDO8	20–30 <sup>0</sup> ю.ш.	62–80 <sup>0</sup> в.д.	59	NINO34	5 <sup>0</sup> с.ш.–5 <sup>0</sup> ю.ш.	120 – 170 <sup>0</sup> з.д.
INDO11	12– 24 <sup>0</sup> с.ш.	52–72 <sup>0</sup> в.д.	65	<i>Космические факторы</i>		
<i>ТПО Атлантического океана</i>				Среднемесячные значения чисел Вольфа		
ATL1	0–20 <sup>0</sup> ю.ш.	38 <sup>0</sup> з.д.– 10 <sup>0</sup> в.д.	75			
ATL2	4 – 20 <sup>0</sup> с.ш.	68 з.д.– 10 <sup>0</sup> в.д.	63			
<i>Атмосферные предикторы</i>						
КДЦ – Квазидвухлетние стратосферные циркуляции( QBO, 30 hPa Zonal wind, m/s)						
САК – Северо-атлантические колебание (САК – NAO)						
Южное колебание (индекс SOI)						
WPW85 – Индекс пассатного ветра на уровне 850 гПа в западной части Тихого океана (135 <sup>0</sup> в.д.–180 <sup>0</sup> з.д., 5 <sup>0</sup> с.ш. – 5 <sup>0</sup> ю.ш)						
CPW85 – Индекс пассатного ветра на уровне 850 гПа в центральной части Тихого океана (175 <sup>0</sup> з.д.–140 <sup>0</sup> з.д., 5 <sup>0</sup> с.ш. – 5 <sup>0</sup> ю.ш)						
EPW85 – Индекс пассатного ветра на уровне 850 гПа в восточной части Тихого океана (135 –120 <sup>0</sup> з.д., 5 <sup>0</sup> с.ш. – 5 <sup>0</sup> ю.ш)						
OLR – Уходящее длинноволновое излучение над Тихим океаном						

**Анализ асинхронных связей между потенциальными предикторами и сезонными осадками**

С целью нахождения предикторов для долгосрочного прогноза осадков, рассматривались асинхронные корреляционные связи между сезонными осадками и потенциальными предикторами. Коэффициент корреляции ( $R$ ) рассчитывался по формуле:

$$R = \frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2 \sum_i^N (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2)$$

Оценка эмпирического коэффициента корреляции (2) проводилась с помощью Z-преобразования Фишера:

$$Z = 0,5 \ln \left[ \frac{1 + R}{1 - R} \right], \quad (3)$$

где  $X_i, Y_i$  – текущие значения предиктора и предиктанта соответственно, а  $\bar{X}, \bar{Y}$  – их средние значения за рассматриваемый месяц и период лет. Распределение величины  $Z$  не зависит от значений  $R$ . С ростом числа наблюдений распределение быстро приближается к нормальному со средним значением  $\bar{Z} = 0,5 \ln \left[ \frac{1 + R}{1 - R} \right] + R/2 (N - 1)$  и дисперсией  $\sigma_z^2 = 1/(N - 3)$ . Тогда среднеквадратическое отклонение параметра  $Z$  равно  $\sigma_z = 1/\sqrt{N - 3}$ , где  $N$  – число членов в выборке, за которой имеются данные для предиктанта и предиктора. Для определения статистической значимости коэффициента корреляции применяется преобразование Фишера (3) и рассматривается критерий:

$$|Z/\sigma_z| \geq \alpha_{кр}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{кр}$  соответствует 5 %-му уровню значимости. В таблицах 3 и 4 представлены результаты расчета асинхронных связей между сезонными осадками и потенциальными предикторами, где указаны районы Танзании (1, 2, ..., 10; см. рис. 1), найденные путем классификации полей среднемесячных осадков, заданных своими значениями на 41 метеостанции, с помощью метода ЭОС и итерационного алгоритма Уорда. В названиях предикторов вначале указывается район, а затем – номер главного компонента (например, INDO3PC1, ATL1PC3).

Из таблиц 3 и 4 видно, что имеют место хорошие связи между сезонными осадками в октябре – декабре (OND), марте – мае (МAM) и первыми двумя главными компонентами ТПО Индийского океана с заблаговременностью до 8 месяцев (табл. 3, где, например, в декабре в районе 1  $R = -0,56$ ). Отмечается хорошая связь между числами Вольфа в октябре и осадками в сезоне март – май (МAM) для районов 2, 7 и 9, причем  $R_{\max} = 0,43$  (табл. 3).

Выявлены связи между осадками в сезоне март – май (МAM) в районе 9 и квазидвухлетними колебаниями стратосферной циркуляции (табл. 3). Отмечаются хорошие связи между осадками в сезоне октябрь – декабрь (OND) и индексом пассатного ветра на уровне 850 гПа [Chelliah, 1990] (табл. 4).

Связи между явлением ЭНЬЮК и осадками в Восточной Африке установлены многими исследователями [Clark, 2003; Kabanda, 1999; Nicholson, 1997; Jury, 2005]. Нами также отмечаются связи NINO4 и индексом SOI с сезонными осадками (табл. 3). Выявлены также связи с первыми четырьмя главными компонентами ТПО южной части Атлантического океана (табл. 3).

**Выводы**

Основные выводы работы сводятся к следующему:

– Проведено разложение среднемесячной температуры (ТПО) по ЭОС для Индийского и южной части Атлантического океанов, что позволило сконцентрировать полезную информацию о долговременных процессах в нескольких первых параметрах разложения. Анализ такого разложения показал, что уже первые четыре главных компонента (ГК) описывают более 95 % дисперсии исходного поля ТПО, причем на долю первого ГК приходится от 64 до 89 %.

– Выявлены статистически значимые асинхронные связи между сезонными осадками и совокупностью потенциальных предикторов, включающих: Эль-Ниньо и южное колебание; солнечную активность, квазидвухлетнюю цикличность и первые четыре ГК разложения по ЭОС ТПО Индийского и южной части Атлантического океанов, а также уходящее длинноволновое излучение над экваториальной частью Тихого океана от 160<sup>0</sup> в.д. до 160<sup>0</sup> з.д. Наиболее мощные связи с различной заблаговременностью или запаздыванием отмечаются между осадками в сезоне октябрь – декабрь и первым ГК разложения по ЭОС ТПО Индийского океана в районе INDO3 (0 – 10<sup>0</sup> ю.ш., 82 – 102<sup>0</sup> в.д.), индексом САК в марте и индексом пассатного ветра на уровне 850 гПа в августе.

Таблица 2

**Оценка точности сходимости разложения по ЭОС  $Y_{ji}(t_m)$  среднемесячных ТПО в районе INDO3 (1961 – 2002 гг.)**

	Январь			Февраль			Март		
$i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$
1	50,61	84,35	84,3	53,17	88,61	88,6	53,27	88,79	88,8
2	4,65	7,75	92,1	2,94	4,89	93,5	3,31	5,51	94,3
3	2,38	3,97	96,1	1,85	3,09	96,6	1,27	2,12	96,4
4	1,12	1,87	97,9	0,83	1,38	98	1,19	1,99	98,4
	Апрель			Май			Июнь		
$i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$
1	52,53	87,54	87,5	49,68	82,8	82,8	47,3	78,84	78,8
2	3,79	6,31	93,9	5,53	9,22	92	7,55	12,57	91,4
3	1,86	3,1	96,9	2,15	3,59	95,6	2,03	3,38	94,8
4	0,74	1,23	98,2	1,15	1,92	97,5	1,13	1,89	96,7
	Июль			Август			Сентябрь		
$i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$
1	44,36	73,93	73,9	38,86	64,76	64,8	40,18	66,97	67
2	11,11	18,52	92,5	16,14	26,89	91,7	15,25	25,41	92,4
3	1,95	3,25	95,7	2,46	4,1	95,8	2,17	3,62	96
4	0,86	1,44	97,1	0,82	1,37	97,1	0,87	1,45	97,5
	Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
$i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$	$\lambda_i$	$\beta_i$	$\sum \beta_i$
1	42,66	71,1	71,1	46,88	78,14	78,1	47,77	79,62	79,6
2	12,21	20,36	91,5	7,22	12,04	90,2	4,67	7,78	87,4
3	2,7	4,5	96	2,44	4,06	94,2	3,46	5,76	93,2
4	1,07	1,78	97,7	1,86	3,11	97,3	2,38	3,96	97,1

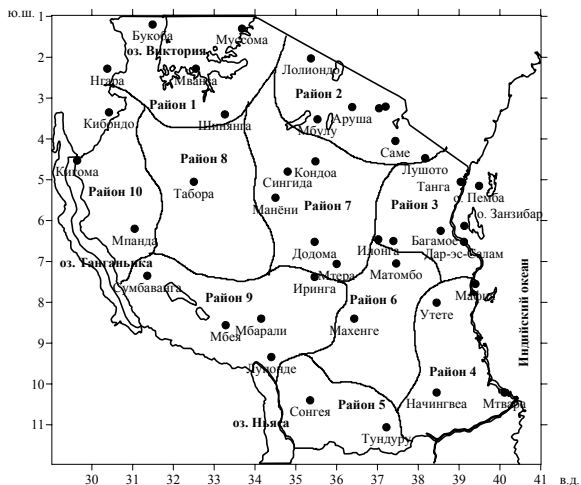


Рис. 1. Климатические районы Танзании.

Таблица 3

**Коэффициент корреляции  $R$  между сезонными осадками в период с марта по май (МАМ) и потенциальными предикторами (1961 – 2002 гг.)**

Район	Потенциальные предикторы			Район	Потенциальные предикторы		
	название	месяц	$R$		название	месяц	$R$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	INDO4PC1 INDO7PC1 INDO8PC1	декабрь	-0,33	2	INDO6PC1	сентябрь	-0,33
		декабрь	-0,56		INDO6PC2	сентябрь	0,39
		декабрь	-0,34		Число Вольфа	октябрь	0,35
					Число Вольфа	ноябрь	0,36
3	INDO6PC1 INDO6PC3 NAO (CAK) INDO7PC2 ATL1PC1 INDO11PC2 INDO3PC3 INDO4PC2 NINO4 SOI TATL INDO1PC2	сентябрь	-0,42	4	INDO6PC2	ноябрь	0,35
		сентябрь	-0,47		NATL	сентябрь	-0,41
		ноябрь	0,41		INDO2PC1	сентябрь	-0,33
		октябрь	0,33		INDO7PC2	ноябрь	0,32
		декабрь	0,43		INDO3PC1	октябрь	-0,32
		октябрь	0,46		INDO3PC3	декабрь	-0,40
		декабрь	-0,46				
		октябрь	-0,35				
		ноябрь	0,34				
		декабрь	-0,38				
5	NATL INDO1PC2 NATL INDO11PC1 INDO9PC1 INDO3PC1	сентябрь		6	SOI	декабрь	-0,29
		сентябрь	-0,36		INDO6PC1	август	-0,31
		ноябрь	-0,39		INDO7PC1	декабрь	-0,31
		сентябрь	-0,34		INDO3PC3	сентябрь	-0,33
		сентябрь	-0,34				
		Октябрь	-0,33				
	-0,32						
	-0,32						



Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
7	INDO3PC3	август	0,42	8	INDO4PC3	октябрь	-0,30
	INDO6PC1	август	-0,33		INDO7PC3	ноябрь	-0,39
	INDO3PC2	сентябрь	-0,34		INDO9PC2	ноябрь	-0,31
	INDO6PC2	октябрь	0,41				
	INDO2PC2	сентябрь	-0,47				
	Число Вольфа	октябрь	0,43				
9	Число Вольфа	декабрь	0,37	10	INDO9PC1	сентябрь	-0,33
	QBO (КДЦ)	октябрь	-0,34		ATL1PC1	февраль	-0,40
	INDO11PC1	август	-0,40		INDO4PC3	октябрь	-0,34
	INDO11PC3	ноябрь	0,39				
	INDO6PC1	август	-0,28				
	INDO3PC2	ноябрь	0,31				
	INDO8PC2	сентябрь	-0,32				
	INDO3PC2	декабрь	0,39				

Таблица 4

**Коэффициент корреляции  $R$  между сезонными осадками в период с октября по декабрь (OND) и потенциальными предикторами (индекс пассатного ветра и уходящее длинноволновое излучение) (1979 – 2002 гг.)**

Район	Потенциальные предикторы			Район	Потенциальные предикторы		
	название	месяц	$R$		название	месяц	$R$
1	EPW850	сентябрь	-0,62	2	OLR	август	-0,55
	WPW850	август	-0,47		EPW850	сентябрь	-0,50
	CPW850	август	-0,50		WPW850	июнь	-0,56
	CPW850	сентябрь	-0,66		CPW850	июнь	-0,55
3	OLR	август	-0,41	4	OLR	сентябрь	-0,45
	EPW850	сентябрь	-0,46		WPW850	июнь	-0,48
	WPW850	июнь	-0,58		WPW850	август	-0,56
	CPW850	июнь	-0,48		WPW850	сентябрь	-0,59
		CPW850	август	-0,54			
5	EPW850	февраль	0,41	6	EPW850	апрель	0,49
	WPW850	июнь	-0,44		EPW850	июнь	0,50
				WPW850	июнь	-0,54	
7	OLR	август	-0,31	8			
	EPW850	сентябрь	-0,46				
	WPW850	август	-0,51		WPW850	сентябрь	-0,40
	CPW850	сентябрь	-0,54				
9	EPW850	сентябрь	-0,36	10	OLR	сентябрь	-0,37
	WPW850	август	-0,46		WPW850	июль	-0,48
	CPW850	сентябрь	-0,46		WPW850	август	-0,50

**Литература**

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук, 1996, т. 166, № 11, с. 1145 – 1170.
2. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // Труды ЦИП, 1959, вып. 74, с. 3 – 24.
3. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
4. Гирс А.А., Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 343 с.
5. Покровская Т.В. Синоптико-климатологические и гелиогеофизические долгосрочные прогнозы погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 254 с.
6. Покровская Т.В. О связи экстремальных аномалий погоды теплого сезона с аномальностью хода 11-летних солнечных циклов // Труды ГГО, 1975, вып. 330, с. 54 – 60.
7. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н. Северо-тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана. – СПб.: изд-во РГГМУ, 2002. – 121 с.
8. Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В. Циклические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. – СПб.: изд-во РГГМУ, 2004. – 217 с.
9. Угрюмов А.И. Двухлетняя цикличность в тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология, 1968, № 12, с. 24 – 32.
10. Chelliah M. The Global Climate for June – August 1989: A season of Normal conditions in the Tropical Pacific // J. Climate, 1990, Vol. 3, p. 138 – 162.
11. Clark C.O. et al. Interdecadal variability of the relationship between the Indian ocean zonal mode and East African coastal rainfall anomalies // J. Climate, 2003, Vol. 16, p. 548 – 554.
12. Jury M.R., Mpeta E.J. The annual cycle of African climate and its variability // Water SA, 2005, Vol. 31, № 1, p. 1 – 8.
13. Kabanda T.A., Jury M.R. Inter-annual variability of short rains over northern Tanzania // J. Climate Research, 1999, Vol. 13, p. 231 – 241.
14. abanda T.A., Jury M.R. Synoptic evolution of composite wet spells over northern Tanzania // J. Climate Research, 2000, Vol. 15, p. 239 – 248.
15. Nicholson S.E. An analysis of the ENSO signal in the tropical Atlantic and western Indian oceans // J. Climatology, 1997, Vol. 17, p. 345 – 375.
16. Torrence Ch., Compo G.P. A practical Guide to wavelet analysis // Bulletin of the American meteorological society, 1998, Vol. 79, № 1, p. 61 – 78.