

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

На правах рукописи

УДК[551.513:551.509.509.324.2](666.8)

БАМБА Ибрагима

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕДИКТОРОВ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ
КОТ-Д'ИВУАРА

Специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург 2008

Работа выполнена на кафедре ДАКЗ Российского государственного гидрометеорологического университета.

Научный руководитель:

– Доктор географических наук, профессор К.В. Кондратович.

Официальные оппоненты:

– Доктор географических наук, профессор В. И. Воробьев.

– Кандидат географических наук В. Ю. Цепелев.

Ведущая организация:

– Государственный гидрологический институт (ГГИ).

Защита состоится 15 мая 2008г. В 15 часов 30 минут на заседании Специализированного совета Д212.197.01 Российского государственного гидрометеорологического университета.

Адрес: 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр.,98, тел. 812.444-41-63

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан ----- 2008г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Доктор физ-мат. наук,
профессор А.Д. Кузнецов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации

В странах Западной и Центральной Африки режим увлажнения характеризуется чередованием периодов значительного выпадения осадков и их отсутствия или ослабления. Сезонные изменения атмосферной циркуляции сопровождаются смещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК) над Атлантикой, зависящей от состояния термики поверхностных вод.

Конвергенция пассатных переносов обеспечивает преобладание восходящих движений и формирование мощной облачности и значительных осадков в районе локализации ВЗК. Сезон дождей в Западной и Центральной Африке начинается весной, когда прогрев водных масс в северном полушарии приводит к смещению к северу термического экватора, ВЗК и связанных с ней скоплений облачности. Максимальное смещение ВЗК к северу наблюдается в августе-сентябре, когда в странах Западной и Центральной Африки атмосферные осадки климатически наиболее интенсивны. Анализ месячных сумм осадков по материалам многолетних наблюдений в странах Африки свидетельствуют о том, что имеет место значительная межгодовая изменчивость и в ряде регионов происходят существенные трендовые изменения. Межгодовая изменчивость осадков является объектом исследований, нацеленных на выявление потенциальных предикторов и создание методов сезонного прогноза. Многолетние трендовые изменения режима увлажнения также представляют интерес, и их региональный прогноз является самой актуальной проблемой современной климатологии.

В тропической зоне смещение субтропических антициклонов, внутритропической зоны конвергенции и муссона в сторону летнего

полушария отражает изменение соотношения в нагреве подстилающей поверхности солнечной радиацией. Исследования на территории Африки и Южной Америки позволили установить основные черты изменений теплового состояния океана, атмосферной циркуляции и режима увлажнения в тропической зоне, свойственные периодам глобального потепления и похолодания климата.

Например, Сервейн [Servain, 1991] показал, что соотношение прогрева вод в северной и южной частях тропической зоны Атлантики, характеристикой которого является разность $Dw = Tw_{с.ш.} - Tw_{ю.ш.}$, в соответствии с годовым ходом циклически меняется. По упрощённому варианту, в виде разности средних значений T_w в северных и южных тропических зонах океанов, получают характеристики соотношений термического состояния поверхностных вод.

Кот-д'Ивуар, находящийся в Западной Африке, располагается на побережье Гвинейского залива. На территории Кот-д'Ивуара выпадает сравнительно значительное количество осадков. Режим увлажнения характеризуется большой межгодовой изменчивостью. Актуальна задача долгосрочного прогноза месячных и сезонных сумм осадков. Эффективное прогнозирование осадков на территории позволит более рационально планировать и осуществлять сельскохозяйственные производства и другие виды хозяйственной деятельности.



Рисунок 1 - Карта Западной Африки

Целью работы является выявление потенциальных предикторов для создания методов сезонного прогноза осадков в Кот-д'Ивуаре.

Для выполнения поставленной цели необходимо было:

- с помощью многолетних среднемесячных осадков следить за пространственно-временной структурой полей осадков для выявления различных климатических районов дождей;
- составить каталоги 5 равновероятных градаций сезонных сумм осадков по районам дождей и градаций предикторов (Дипольный индекс Атлантического и Индийского океанов, Южного колебания, квазидвухлетний цикл стратосферных переносов и солнечная активность);
- провести расчеты коэффициентов корреляции между рядами месячных значений потенциальных предикторов и рядами сезонных сумм осадков в каждом районе;
- сопоставить потенциальные предикторы с предиктантом (градациями сезонных сумм осадков в каждом районе).

Методы исследования

С помощью многолетних наблюдений (1941-2000гг.) месячных осадков на 31 станции Кот-д'Ивуара (Рисунок 2), рассчитанных по NOAA, были вычислены по районам, выделенным во второй главе, сезонные суммы осадков.

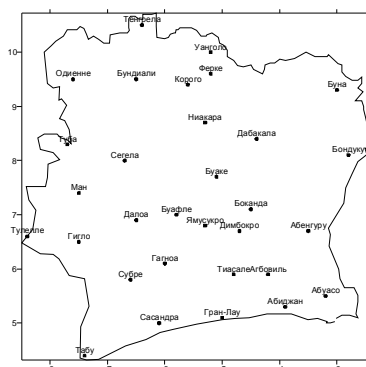


Рисунок 2 – Расположение метеорологических станций в Кот-д'Ивуаре

По материалам многолетних наблюдений (1921-2000гг.), полученных на кафедре ДАКЗ-РГГМУ в ранее выполненных работах, нами были рассчитаны среднемесячные значения потенциальных предикторов.

Методы обработки и оценки связи между режимом увлажнения и предикторами заключаются в следующем:

во-первых, рассчитываются коэффициенты корреляции (R) между рядами сезонных значений осадков (предиктант) по районам страны и рядами месячных (с января по май, именно до начала сезона дождей) значений предикторов. Оценка эмпирического коэффициента корреляции проводится с помощью Z - преобразования Фишера: $Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+R}{1-R}$ (1) и

рассматривается критерий Стьюдента ($\left| \frac{Z}{s_z} \right| \geq a_{kp}$), где a_{kp} соответствует 5%-ному или 1%-ному уровню значимости. Это позволяет выбрать месячный ряд предикторов, который более значимо коррелирует с предиктантом;

Во-вторых, сопоставляются годы значительного усиления и годы значительного ослабления предикторов с годами предиктанта. Для этого проведены ранжирование и выделены пять равновероятных (по 20% численности ряда) градаций сезонных сумм осадков: (А - значительно выше нормы, а - выше нормы, N - около нормы, b - ниже нормы, В - значительно ниже нормы). Это обеспечивает объективное представление предиктанта при его сопоставлении с потенциальным предиктором.

Сопоставление градаций годов сезонных осадков в районах Кот-д'Ивуара и градаций годов каждого потенциального предиктора позволяет выявить ряд связей синхронных и асинхронных, имеющих прогностические значения. А затем были проведены подсчеты: Аа - значительно выше нормы и выше нормы, Вb - значительно ниже нормы и ниже нормы. Аа \geq Вb характеризует тенденцию увлажнения осадков, а Вb \geq Аа - тенденцию дефицита осадков.

Научная новизна

- показано, что во время муссона (с мая по ноябрь) зона максимальных дождей в Кот-д'Ивуаре встречает два момента стабилизации : один на юге ($3,5^{\circ}$ - 8° з.д.; $4,4^{\circ}$ - $7,5^{\circ}$ с.ш) в мае-июне и другой на севере ($3,5^{\circ}$ - 8° з.д; $7,5^{\circ}$ - $10,5^{\circ}$ с.ш.) в июле-августе. С юга к северу это зона перемещается с довольно резким сдвигом, что является нарушением обычного постепенного перемещения к северу внутритропической зоны конвергенции (ВЗК);
- найдено, что количество дождей в Кот-д'Ивуаре связано с тепловым состоянием поверхностных вод Атлантического и Индийского океанов, и Южным колебанием, которые могут учитываться в задаче долгосрочного прогноза осадков в стране;
- обнаружено, что квазидвухлетний цикл стратосферных переносов (КДЦ) и солнечная активность, которые считаются потенциальными предикторами режима осадков в Тропиках, не существенно влияют на количество сезонных дождей в Кот-д'Ивуаре.

Теоретическая и практическая ценность

Предложенное в диссертации исследование может быть использовано для составления долгосрочных прогнозов режима осадков в Кот-д'Ивуаре.

Полученные результаты рекомендуются к использованию в учебном процессе и при анализе современных методов прогноза погоды в ряде регионов Западной Африки.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Физико-географические и циркуляционные особенности режима увлажнения в Западной Африке, связанные с сезонным и климатическим смещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК).
2. Обоснование выбора потенциальных предикторов и вопросы их представления и сопоставления с предиктантом.
3. Результаты анализа полей месячных сумм атмосферных осадков в Кот-д'Ивуаре. Ранжирование и выделение 5 равновероятных градаций

предикторов и сезонных сумм осадков для подготовки предиктанта к сопоставлению с потенциальными предикторами.

4. Результаты поисков связей предикторов и предиктанта, а также оценки и использование выявленных зависимостей для прогноза.

Апробация. Отдельные положения и трактовка результатов исследования, заложенных в основу настоящей работы, докладывались и обсуждались на заседаниях Международной школы-конференции «Изменение климата и окружающая среда» в РГГМУ в 2005г., на итоговой сессии ученого совета РГГМУ в 2006г., на Международной конференции молодых ученых «ЛОМОНОСОВ-2006» в МГУ в 2006г.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 4 печатных работах, материалы использованы в научно-исследовательских отчетах.

Структура и объем

Диссертация состоит из 8 основных частей: введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, содержащего 131 наименование и приложение. Общий объем работы составляет 132 страниц текста, включая 28 рисунков и 37 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, излагаются цели и задачи исследования, дана оценка научной новизны и практической ценности работы, приведен перечень поставленных и решенных в ходе исследования задач, а также защищаемые положения.

В первой главе рассмотрены физико-географические и циркуляционные особенности режима увлажнения в Западной Африке, связанные с сезонным и климатическим смещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК).

Научное общество через программы исследований (ПИГАП-1974, ВАМЭКС-1979, МААМ-2005) старается понять, как засухи влияют на

изменение климата и каким образом режим осадков связан с температурами поверхностных вод океанов, условиями суши и свойствами крупномасштабных и мезомасштабных циркуляций атмосферы.

Что касается соотношения температуры поверхностной воды Атлантического океана с режимом увлажнения в Западной Африке, то во многих трудах [Fontaine and Bigot, 1993; Janicot and Sultan, 2001] показано, что условия поверхностной воды океана играют значительную роль в изменении режима дождей в Западной Африке. Опоку-Анкома и Кордери [Oroku-Ankomah and Cordery, 1994] установили, что существует надёжно позитивная корреляция между температурой воды тропического океана и количеством дождей в Гане, находящейся на побережье Гвинейского залива [Grodsky and Carton, 2001].

В результате исследований ВАРЭКС установлено, что ВЗК остаётся в северном полушарии весь год. В январе она занимает нижнюю позицию (5° с.ш.) и в сентябре - верхнюю позицию (около 20° с.ш) [23]. С ней осадки перемещаются. ВЗК делит на две части зону Западной Африки: в южной части бывают тёплые и влажные потоки, происходящие из Атлантического океана, а зато в северной части бывают тёплые и сухие сахарские потоки. Слой влажности более значителен около экватора и ослабевает от экватора к позиции ВЗК. Именно поэтому в южной части на расстоянии 700 км выпадают максимальные осадки, а ближе к ВЗК осадки становятся слабее [Тараканов, 1980; Asnani, 1993].

В этой связи, в трудах Доннэра [Dhonneur, 1985] западная Африка разделяется на 5 зон погоды относительно ВЗК.

Зона А, находящаяся сверху ВЗК, - это пустыня Сахара. Она характеризуется редкостью дождливых облаков и частым присутствием пыльной мглы. Там суточная температура достигает 25° С и наблюдается ночью температурная инверсия на почве.

Зона Б, находящаяся на расстоянии 100-200 км от ВЗК в южной части, - это зона, слой влажности которой меньше одного километра. Там собираются кучевые облака и выпадают спорадические дожди.

Зона В находится на расстоянии 200-400 км к югу ВЗК, где наблюдаются значительный слой влажности, грозы, и дожди, происходящие из кучево-дождевых облаков, образующих фронтальные шквалы.

Зона Г находится на расстоянии от 400 до 650 км ниже ВЗК. Это зона плотных и глубоких слоёв влажности (около 2 км). Здесь наблюдаются обильные и непрерывные дожди, прозванные «муссонными дождями», происходящими из слоисто-дождевых облаков

Зона Д - это прибрежная зона, где приземный воздух очень влажен (более 90%), но реже выпадают дожди из-за оседания воздуха около экватора вследствие усиления антициклона святой Елены в Атлантическом океане. Там чаще наблюдаются утром слоистые облака, которые днём превращаются в слоисто-кучевые.

Анализ полей распределения месячных осадков по территории Кот-д'Ивуара (Рисунок 3) приводит к тому, что с января по март количество осадков по всей стране понижено (меньше 60мм/месяц). ВЗК, сезонное положение которой определяет основные особенности режима увлажнения в Западной Африке занимает позицию около 5 с.ш. Тогда как почти вся страна страдает этим понижением осадков, в прибрежном регионе выпадают спорадичные осадки (порядка 100-120мм/месяц) в результате циркуляции берегового бриза.

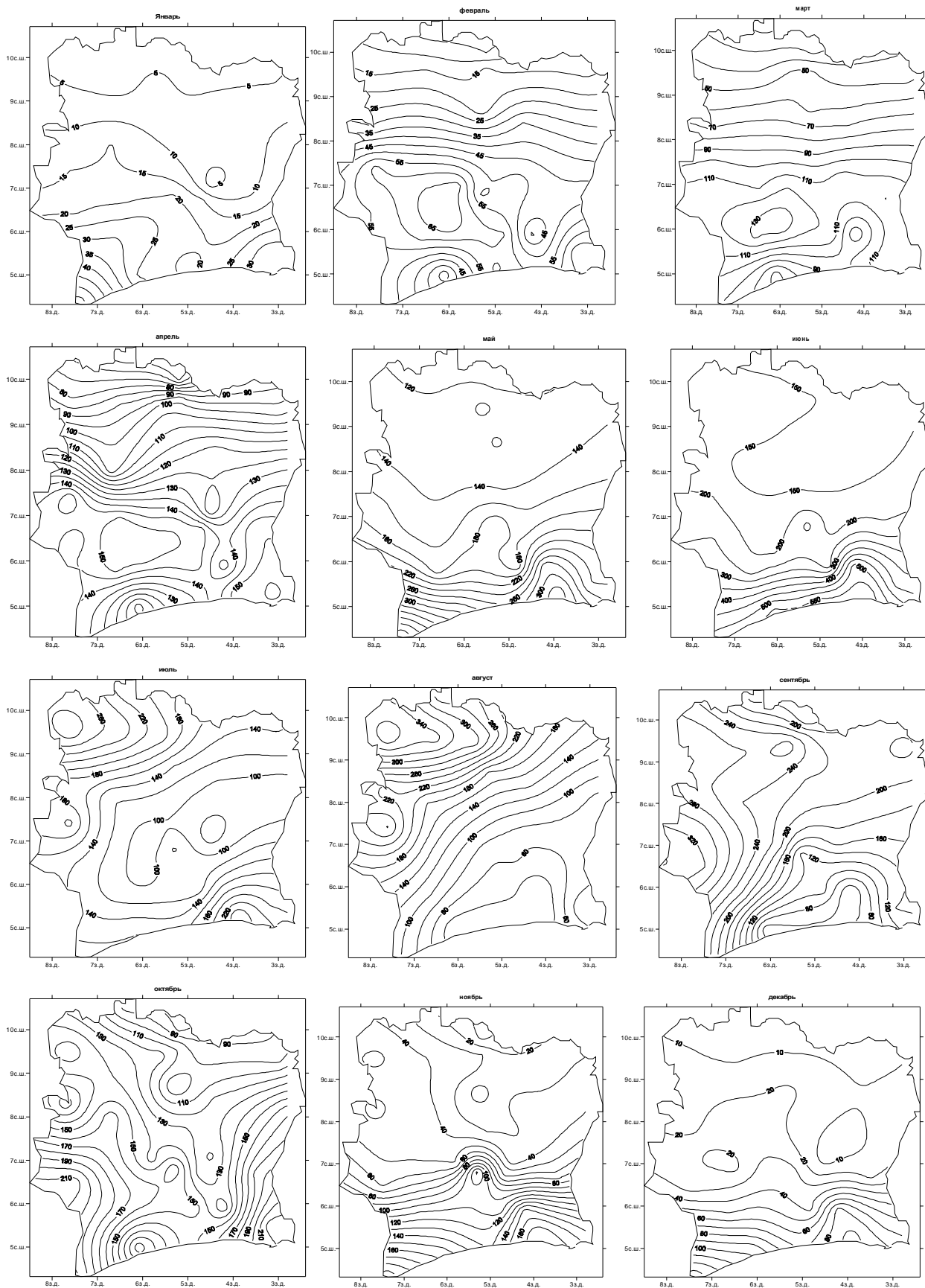


Рисунок 3 - Пространственно-временное распределение месячных сумм осадков в Кот-д'Ивуаре с января по декабрь (с 1941 по 2000 гг.).

В апреле количество дождей увеличивается, и максимальные дожди (больше 150 мм/месяц) распространяются с побережья (4,4° с.ш.) вплоть до широт 7,5° с.ш. Это объясняется тем, что муссон в Западной Африке начинается, и уже влажные переносы наступают на сушу.

В мае увеличение количества дождей происходит (больше 300 мм/месяц) на юге и становится постоянным до конца июня. Но следует отметить, что дальнейшее перемещение к северу максимальных дождей не наблюдается. Это подтверждается тем, что после начала муссона в Западной Африке ВЗК в ходе своего перемещения к северу стабилизируется в июне.

В июле максимальные дожди (больше 240 мм/месяц) наблюдаются на севере страны (7,5-10 с.ш.). Они усиливаются (около 300мм/месяц) и остаются в данном районе до августа. Зато на юге, особенно на побережье, наблюдается короткий засушливый сезон вследствие усиления и приближения к побережью антициклона святой Елены. Можно заметить, что максимальные дожди встречают еще раз вторую стабилизацию в августе в соответствии с тем, что ВЗК в Западной Африке достигает своего пика.

В сентябре количество дождей уменьшается на севере и снова увеличивается на юге в связи с перемещением ВЗК в обратном направлении (к югу).

С октября по ноябрь наблюдается короткий сезон дождей (около 200 мм/месяц) на юге в результате быстрого отступления с суши ВЗК. В декабре уже начинается сезон засухи в связи с полным отступлением ВЗК с континента Западной Африки.

Это пространственно-временное распределение месячных осадков позволяет выявить два различных района дождей: южный район (4,4°с.ш. – 7,5°с.ш.; 3,5°з.д. – 8°з.д.), где сезоном дождей является май-июнь (больше 800 мм/сезон), и северный район (7,5°с.ш. – 10,5°с.ш.; 3,5°з.д. – 8°з.д.), где сезоном дождей является июль-август (около 500 мм/сезон).

Во второй главе представлены результаты анализа месячных и сезонных сумм атмосферных осадков по территории Кот-д'Ивуара. Ранжирование и выделение 5 равновероятных градаций атмосферных осадков обеспечили подготовку предиктанта к сопоставлению с потенциальными предикторами.

Таблица 1 – Каталоги градаций сезонных сумм (в мм) осадков на юге страны по материалам многолетних данных на основных метеорологических станциях с 1921 по 2000 гг.

	В [174, 272]	б [273, 328]	N [329, 472]	а [473, 610]	А [611, 876]
Годы	1923	1921	1927	1925	1922
	1930	1933	1934	1931	1924
	1940	1958	1935	1936	1926
	1944	1960	1937	1939	1928
	1950	1961	1938	1946	1929
	1973	1965	1941	1948	1932
	1974	1967	1947	1949	1942
	1983	1969	1957	1951	1943
	1985	1977	1959	1952	1945
	1986	1980	1966	1956	1953
	1987	1981	1968	1964	1954
	1988	1984	1971	1970	1955
	1990	1989	1972	1976	1962
	1991	1996	1975	1979	1963
	1992	1999	1978		1982
	2000		1993		1995
			1994		
		1998			

Таблица 2 – Каталоги градаций сезонных сумм (в мм)осадков на севере страны по материалам многолетних данных на основных метеорологических станциях с 1921 по 2000 гг.

	В [88, 140]	б [141, 237]	Н [238, 331]	а [332, 414]	А [415, 522]
Годы	1948	1921	1922	1924	1925
	1958	1935	1923	1930	1927
	1969	1940	1926	1932	1928
	1973	1950	1929	1938	1931
	1976	1951	1934	1939	1933
	1978	1956	1936	1941	1937
	1981	1964	1945	1946	1942
	1983	1965	1957	1947	1943
	1984	1967	1960	1949	1944
	1988	1974	1961	1952	1953
	1990	1975	1972	1954	1955
	1991	1977	1989	1962	1959
	1992	1982	1999	1979	1963
	1993	1986		1980	1966
		1994		1985	1968
		1996		1995	1970
	1997			1971	
	2000			1987	

В третьей главе рассматриваются выбор потенциальных предикторов и вопросы их представления и сопоставления с предиктантами.

Температура водной поверхности Тропической Атлантики

Дипольный индекс Тропической Атлантики

Термические условия поверхностных вод Тропической Атлантики надёжно характеризуются средними значениями температуры воды t_w в узлах

сетки 5° широты на 10° долготы зоны (от 30° ю.ш. до 30° с.ш.; от 60° з.д. до 00°). Осредняются значения tw в северной части (от 00° до 30° с.ш.) и в южной части (от 00° до 30° ю.ш.) указанной зоны и получаются средние значения Tw с.ш. и Tw ю.ш.

По материалам многолетних наблюдений (с 1921 по 2000гг.), полученных на кафедре ДАКЗ-РГГМУ в ранее выполненных работах [83, 84], нами были рассчитаны среднемесячные значения дипольного индекса $DTw = Tw$ с.ш. – Tw ю.ш.

В тропической зоне смещение субтропических антициклонов, внутритропической зоны конвергенции и муссона в сторону летнего полушария отражает изменение соотношения в нагреве подстилающей поверхности солнечной радиацией.

Исследования на территории Африки и Южной Америки позволили установить основные черты изменений теплового состояния океана, атмосферной циркуляции и режима увлажнения в тропической зоне, свойственные периодам глобального потепления и похолодания климата.

Сервейн показал, что соотношение прогрева вод в северной и южной частях тропической зоны Атлантики, характеристикой которого является разность $DTw = Tw$ с.ш. – Tw ю.ш., наряду с годовым ходом циклически меняется.

По упрощённому варианту, в виде разности средних значений Tw в северных и южных тропических зонах океанов, получаются характеристики соотношений термического состояния поверхностных вод.

Предполагается, что это соотношение указывает на особенности локализации ВЗК и режима увлажнения в тропических районах континентов и океанов и может рассматриваться в качестве потенциального предиктора в схемах сезонного прогноза.

Значение DTw указывает на специфику термики поверхностных вод, на климатическое положение ВЗК и субтропических антициклонов.

Температура водной поверхности тропической зоны Индийского океана

В ходе проведения ВАМЕКСа одной из главнейших задач являлось выяснение глобальной взаимосвязи между африканским и индийским муссонами в связи с тем, что последний в значительной степени был описан в научной литературе. В планетарном масштабе важно отметить, что поверхностная вода Индийского океана снабжает влажностью не только Индийский полуостров, но и большую часть суши Земли. Более того, индийский муссон начинается, усиливается и заканчивается почти одновременно (с апреля по октябрь) с муссоном над Западной Африкой. Поэтому при изучении африканского муссона необходимо учитывать тепловое состояние Индийского океана. В этой связи в качестве потенциального предиктора режима сезонных осадков в Кот-д'Ивуаре нами были привлечены среднемесячные значения дипольного индекса температуры водной поверхности Тропического Индийского океана (от 20° ю.ш. до 20°с.ш. ; от 40° в.д. до 80° в.д.), полученные на кафедре ДАКЗ.

Южное колебание и явление Эль-Ниньо (ЭНЮК)

Явление ЭНЮК является главнейшей формой изменения тропического климата, так как оно возникает, развивается в широком бассейне Тихого океана, и его последствия распространяются на внетропические регионы [Wang, 2001]. ЭНЮК состоит из взаимосвязи между океаном (Эль-Ниньо:ЭН) и атмосферой (Южное колебание: ЮК), и его присутствие в Тихом океане было зафиксировано во многих исторических документах, описывающих жизнь растений и животных [Baker et al., 2001]. Индекс южного колебания (разность аномалий давления между Гаити и Дарвином) является характерным индексом изменения ЭНЮК.

Важно отметить, что ЭНЮК воздействует на межгодовой ход общей циркуляции атмосферы. Модифицируя распределение дождей и температур, оно порождает иногда опустошительные действия во многих тропических регионах, даже в высоких широтах. Его воздействие, по словам Гошерела

[Gauchere1, 2004], на южную Америку и атлантический бассейн происходит двумя путями:

- ЭНЮК способствует смещению к западу конвективной зоны (которая обычно находится над Амазонией) и конвергенции восточных и западных переносов над континентом. Тогда усиливаются атлантические пассаты и атмосферные ячейки;

- данная конфигурация принимает мощность в результате блокирования полярных фронтов и сильного струйного течения, движущегося из южного Перу к южной Бразилии.

В этой связи в данной работе рассматриваются соотношения муссонных осадков в Кот д'Ивуаре с южным колебанием с помощью многолетних наблюдений, полученных на кафедре ДАКЗ.

Квазидвухлетний цикл стратосферных переносов (КДЦ)

Многие труды показали существование двухлетнего цикла в изменении тропосферных климатологических параметров, наблюдающихся в тропической зоне. Некоторые важные климатические явления, такие как южное колебание (и его последствие Эль-Ниньо) или азиатский муссон, имеют двухлетний ритм, более или менее выраженный относительно исторических периодов. Этот ритм наблюдается тоже в некоторых параметрах, связанных с африканским и американским муссоном. Хотя пространственно-временная структура этого цикла стала выясняться, его возникновение пока остаётся не вполне установленным. Согласно нескольким гипотезам, этот цикл возникает в результате взаимодействия между океаном, континентом и атмосферой, включая не только тропические зоны, но и внетропические. Данный цикл является обращением переносов в экваториальной стратосфере с периодичностью 27 месяцев. Другими словами, над Экватором, между 20 км и 50 км высоты, стратосферные переносы движутся вокруг земного шара либо к востоку (западные переносы, называемые западной фазой), либо к западу (восточные переносы,

называемые восточной фазой). Это движение происходит преимущественно лишь в одном направлении в течение 27 месяцев (около двух лет), а затем переключается в другое и наоборот.

Солнечная активность

К числу вопросов гелиогеофизики, наиболее тесно связанных с проблемой долгосрочных прогнозов погоды, относится влияние солнечной активности на процессы общей циркуляции атмосферы и на возникновение крупных аномалий метеорологического режима. Чаще всего солнечную активность характеризуют относительными «числами Вольфа» $W_0 = k(10q + f)$, где q- число группы пятен на Солнце, f- число пятен, k- коэффициент, учитывающий условия атмосферной видимости.

Солнечной активности присущи явления цикличности. Наиболее известен 11-летний цикл Швабе-Вольфа, с которым чаще всего сопоставлялись характеристики погоды и атмосферной циркуляции.

В четвертой главе приведены результаты поисков связей предикторов и предиктантов, а также оценки и использования выявленных зависимостей для прогноза. Найдено, что среди потенциальных предикторов осадков в тропической зоне тепловое и атмосферное состояния поверхностных вод мировых океанов (дипольный индекс Атлантического и Индийского океанов, и южное колебание Пацифики), в отличие от квазидвухлетнего цикла и чисел Вольфа, являются надёжными потенциальными предикторами режима осадков в Кот-д’Ивуаре.

Таблица 3 - Коэффициенты корреляции (R) между DTw Атлантики и осадками Кот- д’Ивуара

DTw ТПО Атлантики					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Юг	0,30	0,36	0,35	0,40	0,43
Север	0,29	0,33	0,36	0,35	0,41

Видно, что с февраля по май (Таблица 3) DTw положительно коррелирует с количеством дождей на юге страны, где сезоном дождей являются май-июнь месяцы. Это значит, что когда дипольный индекс температуры поверхности Тропической Атлантики ослабевает, то наблюдается меньше осадков на юге. А в противном случае выпадает больше осадков. С февраля по май (Таблица 3) DTw тоже положительно коррелирует с количеством дождей на севере, где сезоном дождей является июль-август месяцы. Это значит, что север страны встречает дефицит осадков при ослаблении DTw Тропической Атлантики, и получает значительное количество дождей, когда DTw усиливается. В том или в другом районе майское значение DTw Тропической Атлантики более значимо коррелирует ($R \geq 0,41$) с количеством дождей. Поэтому ниже сопоставляются градации майских значений DTw с градациями сезонных осадков Кот-д'Ивуара.

Таблица 4 - Сопоставления градаций DTw Тропической Атлантики с градациями сезонных сумм осадков Кот-д'Ивуара

DTw(B) [1,41°C ; 2,02°C] в мае			DTw(A) [2,47°C ; 2,74°C] в мае		
годы	Юг	Север	годы	Юг	Север
1935	N	b	1932	A	a
1950	B	b	1938	N	a
1957	N	N	1942	A	A
1965	b	b	1943	A	A
1969	b	B	1946	a	a
1971	N	A	1951	a	b
1972	N	N	1955	A	A
1973	B	B	1956	a	b
1974	B	b	1961	b	N
1977	b	b	1970	a	A
Bb:Aa	6:0	7:1	Bb:Aa	1:8	2:7

При градации (B) DTw [1,41°C ; 2,02°C] в мае (Таблица 4) наблюдается на юге (6:0). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1950, 1973 и 1974 годах выпадали малые количества дождей на юге страны (меньше 200мм/сезон). А при градации (A) DTw [2,47°C ; 2,74°C] в мае наблюдается на юге (1:8). Это значит, что преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1932, 1942, 1943 и 1955 годах выпадали значительные осадки (больше 800мм/сезон).

При градации (B) DTw [1,41°C ; 2,02°C] в мае (Таблица 4) наблюдается на севере (7:1). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1950 и 1973 годах выпадало значительно меньше дождей на севере страны (меньше 140мм/сезон). А при градации (A) [2,47°C ; 2,74°C] в мае DTw наблюдается на севере (2:7). Это значит, что преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1942, 1943 1955 и 1970 годах выпадали значительные осадки (больше 500мм/сезон).

Таблица 5 - Коэффициенты корреляции между предиктором DTw Индийского океана и осадками в Кот д'Ивуаре.

DTw Индийского океана					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Юг	0,23	0,22	0,29	0,32	0,39
Север	0,05	0,22	0,21	0,30	0,34

Видно, что с января по май (Таблица 5) DTw Индийского океана положительно коррелирует с количеством дождей на юге страны, где сезоном дождей являются май-июнь месяцы. Это значит, что когда DTw Индийского океана повышается, то наблюдается меньше осадков на юге. А в противном случае выпадает больше осадков. С января по май (Таблица 5) DTw Индийского океана тоже положительно коррелирует с количеством

дождей на севере, где сезоном дождей являются июль-август месяцы. Это значит, что север страны встречает дефицит осадков при понижении DTw Индийского океана, и получает значительное количество дождей, когда DTw Индийского океана повышается. В том или в другом районе майское значение DTw Индийского океана более значимо коррелирует ($R \geq 0,34$) с количеством дождей. Поэтому ниже сопоставляются градации майских значений DTw с градациями сезонных осадков Кот-д'Ивуара.

Таблица 6 - Сопоставления градаций DTw Индийского океана с градациями сезонных сумм осадков Кот-д'Ивуара

DTw (B) [2,51°C ; 3,32°C] в мае			DTw (A) [4,57°C ; 4,89°C] в мае		
годы	Юг	Север	годы	Юг	Север
1921	b	b	1922	A	N
1927	N	A	1928	A	A
1934	N	N	1942	A	A
1935	N	b	1943	A	A
1936	a	N	1945	A	N
1940	B	b	1957	N	N
1941	N	a	1968	N	A
1965	b	b	1972	N	N
1969	b	B	1982	A	N
1973	B	B	1989	b	N
Bb:Aa	5:1	6:2	Bb:Aa	1:6	0:4

При градации (B) DTw Индийского океана в мае (Таблица 6) наблюдается на юге (5:1). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1940 и 1973 годах выпадали малые количества дождей на юге страны (меньше 200мм/сезон). А при градации (A) DTw Индийского океана в апреле наблюдается на юге (1:6). Это значит, что

преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1942, 1943 и 1982 годах выпадали значительные осадки (больше 800мм/сезон).

При градации (В) DTw Индийского океана в апреле (Таблица 6) наблюдается на севере (6:2). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1969 и 1973 годах выпадало значительно меньше дождей на севере страны (меньше 140мм/сезон). А при градации (А) в апреле DTw Индийского океана наблюдается на севере (0:4). Это значит, что преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1942, 1943 и 1968 годах выпадали значительные осадки (больше 500мм/сезон).

Таблица 7- Коэффициенты корреляции (R) между ЮК и осадками Кот-д'Ивуара

Южное колебание					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Юг	0,30	0,36	0,35	0,40	0,42
Север	0,29	0,33	0,36	0,35	0,40

С января по май (Таблица 7) ЮК положительно коррелирует с количеством дождей на юге страны, где сезоном дождей являются май-июнь месяцы. Это значит, что когда южное колебание поверхности Тихого океана ослабеваает, то наблюдается меньше осадков на юге. А в противном случае выпадает больше осадков.

С января по май (Таблица 7) ЮК тоже положительно коррелирует с количеством дождей на севере, где сезоном дождей является июль-август месяцы. Это значит, что север страны встречает дефицит осадков при ослаблении ЮК Тихого океана, и получает значительное количество дождей, когда ЮК усиливается. В том или в другом районе майское значение ЮК более значимо коррелирует ($R \geq 0,40$) с количеством дождей. Поэтому ниже

сопоставляются градации майских значений ЮК с градациями сезонных осадков Кот-д'Ивуара.

Таблица 8 - Сопоставления градаций ЮК с градациями сезонных сумм осадков Кот-д'Ивуара

ЮК (B) [-30,6 ГПа;-7,5 ГПа] в мае			ЮК (A) [7,8 ГПа;17,8 ГПа] в мае		
годы	Юг	Север	годы	Юг	Север
1923	B	N	1928	A	A
1927	N	A	1933	b	A
1940	B	b	1937	N	A
1957	N	N	1941	N	a
1960	b	N	1943	A	A
1973	B	B	1951	a	b
1974	B	b	1956	a	b
1989	b	N	1970	a	A
1996	b	b	1990	B	B
1999	b	N	1995	A	a
Bb:Aa	8:0	4:1	Bb:Aa	2:6	3:7

При градации (B) ЮК в мае (Таблица 8) наблюдается на юге (8:0). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1940, 1973 и 1974 годах выпадали малые количества дождей на юге страны (меньше 200мм/сезон). А при градации (A) ЮК в мае наблюдается на юге (2:6). Это значит, что преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1943 и 1995 годах выпадали значительные осадки (больше 800мм/сезон).

При градации (B) ЮК в мае (Таблица 8) наблюдается на севере (4:1). Это значит, что преобладает тенденция дефицита осадков, в частности, в 1973 году выпадало значительно меньше дождей на севере страны (меньше 140мм/сезон). А при градации (A) в мае ЮК наблюдается на севере (3:7). Это

значит, что преобладает тенденция увлажнения осадков, в частности, в 1943 и 1970 годах выпадали значительные осадки (больше 500мм/сезон).

Но при уровне $\alpha = 5\%$ не было выявлено значимых коэффициентов корреляции между количеством осадков в Кот-д'Ивуаре и числами Вольфа. Это даёт возможность сказать, что соотношения между количеством осадков в Кот-д'Ивуаре и солнечной активностью довольно слабо, таким образом, последняя не может считаться надёжным предиктором режима увлажнения в Кот-д'Ивуаре. Сопоставление различных фаз КДЦ с количеством дождей как на юге, так и на севере Кот-д'Ивуара не позволило зафиксировать какую-либо связь. Можно лишь заключить, что данным КДЦ не является надёжным предиктором режима увлажнения в Кот-д'Ивуаре. Это могло бы объясниться тем, что чаще всего КДЦ действует на мощные конвективные облака. Однако, в отличие от регионов Центральной Африки (Конго, Камерун, Центральноафриканская Республика,...), в Кот д'Ивуаре, находящемся в Западной Африке редко встречаются конвективные облака.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования:

1. Во время муссона над Западной Африкой в Кот-д'Ивуаре имеется два разных по режиму осадков климатических района: южный район ($4,4^{\circ}$ с.ш. – $7,5^{\circ}$ с.ш.; $3,5^{\circ}$ з.д. – $8,0^{\circ}$ з.д.), где сезон дождей наблюдается в мае-июне (больше 800 мм/сезон), и северный ($7,5^{\circ}$ с.ш. – $10,5^{\circ}$ с.ш.; $3,5^{\circ}$ з.д. – $8,0^{\circ}$ з.д.) с сезоном дождей в июле-августе (около 500 мм/сезон).
2. Сезонное и многолетнее изменения дипольного индекса (DTw) водной поверхности тропической зоны Атлантического и Индийского океанов являются обобщенной характеристикой изменения положения ВЗК, которое влияет на режим увлажнения Африканского континента.
3. Статистически значимые корреляции сезонных сумм осадков в северном и южном районах Кот-д'Ивуара и среднемесячных значений

DTw Тропической Атлантики, DTw Тропического Индийского океана и Южного колебания указывают на возможность использования последних в качестве предикторов.

4. Сопоставления экстремальных значений этих предикторов и градаций сезонных сумм осадков показали, что малые значения предикторов в мае указывают на дефицит осадков в стране, а большие – на увеличение осадков.
5. Выявленную зависимость можно использовать в практике долгосрочного прогноза количества осадков в месяцы сезона дождей в Кот-д'Ивуаре.
6. Представляется, что целесообразно продолжить исследования связи потенциальных предикторов с режимом увлажнения территорий других стран Западной Африки.

Основные публикации по теме диссертации

1. Бамба И., Диа Т. Я., Ардиа И. И. Потенциальные предикторы режима увлажнения в странах Африки// Сб. тр. Международной школы-конференции «Изменение климата и окружающая среда», 2005г. СПб: Изд. РГГМУ, 2005. – С. 93-96.
2. Бамба И. Связь муссонных осадков в Кот-д'Ивуаре с южным колебанием// Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ, 25 – 26 января 2006г. СПб: Изд. РГГМУ, 2006. –С. 21-22.
3. Бамба И., Диа Т. Я. Дипольный индекс теплового состояния Тропической Атлантики в задаче долгосрочного прогноза осадков Западной Африки//Материалы XIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «ЛОМОНОСОВ-2006», 2006г. Москва: Изд. МГУ, 2006. –С.14.
4. Бамба И. Дипольный индекс Тропической Атлантики и режим осадков в Кот-д'Ивуаре. Метеорология и гидрология, 2007, № 12, С. 50-57.

Бамба Ибрагима