

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ВОСКРЕСЕНСКАЯ
Елена Николаевна

УДК 551.465

НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ~~ХАРАКТЕРИСТИК~~
СИСТЕМЫ ОКЕАН-АТМОСФЕРА
ТРОПИЧЕСКОЙ И СУБТРОПИЧЕСКОЙ ~~АТЛАНТИКИ~~

ОДЕССА - 1993

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00810681 (O)

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ВОСКРЕСЕНСКАЯ
Елена Николаевна

УДК 551.465

НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМ ОКЕАН-АТМОСФЕРА
ТРОПИЧЕСКОЙ И СУБТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ

11.00.08 - океанология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

ОДЕССА - 1993

АВ 28.406

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в Морском гидрофизическом институте АН Украины


Научные руководители: доктор физико-математических наук, профессор
Ефимов Владимир Васильевич
доктор географических наук
Полонский Александр Борисович

Официальные оппоненты: 1) доктор географических наук, профессор
Филонов Анатолий Ерофеевич
2) кандидат физико-математических наук
Колинко Александр Васильевич

Ведущая организация: Одесский филиал Института биологии и химии морей АН Украины (г.Одесса)

Защита диссертации состоится "25" ноября 1993 г. в 13 час.
на заседании Специализированного Ученого совета
К 068.04.01 в Одесском гидрометеорологическом институте.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского гидрометеорологического института по адресу:
270016, г.Одесса, ул.Львовская, 15, ОГИИ.

Автореферат разослан "18" октября 1993 г.
Ученый секретарь
Специализированного Ученого совета  Н.С.Лобода

0681 - 03370

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Одной из главных задач современных климатических экспериментально-теоретических программы является физико-географическое описание низкочастотной изменчивости гидрометеорологических характеристик тропической зоны Мирового океана, обусловленной как вариациями в системе океан-атмосфера типа Эль-Ниньо - Южные осцилляции (ЭН-ЮО), так и другими естественными, а также антропогенными факторами.

Межгодовая изменчивость системы океан-атмосфера первого типа наиболее подробно описана для акватории Тихого океана, где амплитуда ее близка к амплитуде типичного внутригодового хода или даже превышает ее. Менее подробно изучены межгодовые вариации в тропической и субтропической зоне Индийского и Атлантического океанов. В последние 10-15 лет опубликовано значительное количество работ, посвященных описанию осцилляции некоторых характеристик океана и атмосферы в этой зоне с типичным временным масштабом 2-7 лет, коррелирующих с ЭН-ЮО. Показано, что в отличие от Тихого океана типичные межгодовые вариации здесь в 2-3 раза меньше амплитуды сезонного хода.

Анализируя изменчивость второго типа, нужно отметить, что на протяжении последнего столетия наблюдается глобальное потепление нижней тропосферы. Многие исследователи объясняют этот процесс следствием парникового эффекта антропогенного происхождения. Ясно вместе с тем, что процессы естественной изменчивости в системе океан-атмосфера с типичным временным масштабом порядка нескольких десятков-сотни лет эффективно воздействуют на величину наблюдаемых трендов, и океан играет важнейшую роль в формировании такой низкочастотной изменчивости. Это подтверждают результаты численных экспериментов, исследующих влияние парникового эффекта на общую циркуляцию и температуру атмосферы.

Недостаток длительных наблюдений в открытых частях Индийского и Атлантического океанов делает особенно актуальной задачу выделения межгодовых и более низкочастотных вариаций гидрометеорологических характеристик в указанных районах Мирового океана на фоне интенсивной внутригодовой изменчивости, описание их параметров и физико-географических особенностей. В настоящей работе рассмотрены характеристики внутригодовых и межгодовых вариаций гидрометеорологических параметров Троби-

ческой и Субтропической Атлантики в связи с глобальными вариациями ЭН-ЮО, а также характеристики их более долговременной изменчивости, носящей характер низкочастотного тренда. Такие исследования относятся к числу основных в международных климатических программах ТОГА, ВПК, АССР, а также национальной программы Украины "Мировой океан и климат", что свидетельствует об актуальности выполняемой работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ заключается в описании межгодовых вариаций гидрометеорологических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики с типичным временным масштабом до десяти лет и установлении качественных и количественных связей этих вариаций с изменчивостью гидрометеорологических характеристик Тихого океана, а также изучение более низкочастотных флюктуаций с масштабом от десятков до сотни лет, обусловленных естественными и антропогенными факторами.

В РАБОТЕ РЕШАЛИСЬ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ:

- получение уточненных пространственно-временных характеристик сезонной, межгодовой и более низкочастотной изменчивости гидрометеорологических характеристик исследуемой зоны Атлантического океана;

- выделение районов с наиболее интенсивной низкочастотной изменчивостью разных масштабов и максимальными величинами трендов в гидрометеорологических полях Северной Атлантики в 1957-90 г.г.;

- выяснение относительной роли океана и атмосферы в формировании крупномасштабной низкочастотной изменчивости параметров их термического взаимодействия в различных районах Северной Атлантики;

- анализ межгодовой изменчивости интенсивности зональной циркуляции в умеренных широтах Северной Атлантики;

- описание комплекса аномальных условий в системе океан-атмосфера, сопровождающих явление ЭН в Тихом океане.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ:

1. Гидрометеорологические характеристики Северной Атлантики подвержены межгодовым вариациям с типичным временным масштабом от 2 до 7 лет, обусловленными вариациями в системе океан-атмосфера типа ЭН-ЮО, амплитуда которых сравнима с амплитудой типичного внутригодового хода или превышает ее. Межгодовая изменчивость гидрометеорологических характеристик Тропической Атлантики этого типа проявляется как в вариациях

среднегодовых величин, так и в изменении амплитудо-фазовых характеристик годовой и полугодовой гармоник.

2. Аномальные условия в Атлантике наступают вслед за падением индекса зимних осцилляций в Тихом океане с запаздыванием от нескольких недель до нескольких месяцев (для различных гидрометеорологических характеристик). Они проявляются в уменьшении индекса Россби, который перед началом ЭН обычно аномально высок, формировании положительной аномалии поля поверхностной температуры в восточной части Тропической Атлантики и аномалии в меридиональном смещении ВЗК с уменьшением количества осадков в ее окрестности.

3. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических характеристик проявляется также в вариациях различных параметров с типичным временным масштабом несколько десятков лет и амплитудой, близкой к амплитуде вариаций типа ЭН-ЮФ.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. На основе длительных рядов наблюдений над полями приводной температуры и температуры поверхности океана, облачности, осадков, давления, ветра и потоков тепла на границе раздела океан-атмосфера по единым методическим принципам выделены годовые, полугодовые и межгодовые вариации гидрометеорологических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики, а также их более низкочастотная изменчивость. Описаны их относительные амплитуды и проанализирована связь межгодовых вариаций гидрометеорологических характеристик Тропической Атлантики с типичным временным масштабом 2-7 лет с вариациями типа Эль-Ниньо в Тихом океане. Получены характеристики низкочастотного тренда вариаций системы океан-атмосфера естественного и антропогенного происхождения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ заключается в том, что установлены новые факты о межгодовых вариациях гидрометеорологических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики, описана их качественная и количественная связь с изменчивостью в Тихом океане типа ЭН-ЮФ, построены карты пространственного распределения характеристик межгодовых вариаций. Эти задачи сформулированы в качестве основных в международных программах ТОГА, ВПИК, АССР, а также в Национальной программе Украины "Мировой океан и климат".

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты работы докладывались в ИГИ АН Украины на семинарах отделов Взаимодействия атмосферы и океана и Океанографии в 1984-1993 гг., на заседаниях рабочих групп

МГИ АН УССР "Разрезы" и "Мировой океан и климат" в 1990-1993гг., на заседании всесоюзной рабочей группы "Разрезы" в Москве в 1991г., на конференции "Энергетические ресурсы и энергообмен в океане" во Владивостоке в 1985г., на конференции "География Мирового океана на службе рационального использования морских ресурсов" в Светлогорске в 1989 г., на семинаре "Методы гидрофизических исследований" в г.Светлогорске (4-я школа-семинар) в 1992г., на 4-ой Международной конференции по метеорологии и океанографии Южного полушария в Хобарте (Австралия) в 1993г.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, получено 1 авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы (142 наименования, из которых 88 - иностранные публикации). Общий объем работы: 156 страниц текста, 12 таблиц, 58 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы. Изложена ее структура.

ПЕРВАЯ ГЛАВА диссертации носит обзорный характер. Она посвящена анализу низкочастотной изменчивости гидрометеорологических характеристик тропической и субтропической зоны Тихого и Атлантического океанов. Больше внимание уделено характерному временному масштабу 2-7 лет, обусловленному явлением ЭН-Ю в Тихом океане, носящим глобальный характер. Приведен достаточно подробный сценарий типичного события ЭН-Ю по результатам опубликованных работ (Rasmusson & Carpenter, 1982; Bjerknes, 1966; Murtki, 1975; Tourg, 1987 и др.). Отмечается, что ЭН-Ю в Тихом океане сопровождается аномальными условиями в Тропической Атлантике, однако, явления типа ЭН-Ю в Атлантическом океане изучены еще недостаточно. Имеются противоречивые выводы отдельных авторов относительно взаимосвязи атлантических и тихоокеанских аномальных событий (Covey & Hastenrath, 1978; Hastenrath, 1976; Hastenrath & Heller, 1977; Hastenrath, 1990; Michelchen, 1985; Servain, 1991; Rogers, 1987). Результаты этих работ свидетельствуют о необходимости рассмотрения реакции Атлантического океана на индивидуальные события ЭН-Ю.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена подробной характеристике исходного материала, точности восстановления вариаций исследуемых параметров и методике их обработки. Такой анализ особенно важен потому, что для решения поставленных задач приходится привлекать различные виды разнородных данных, полученных с различной точностью и в разных точках пространства.

Для описания низкочастотных вариаций гидрометеорологических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики использовались следующие данные:

- стандартные специализированные и попутные судовые гидрометеорологические наблюдения в Северной Атлантике, отнесенные к узлам пятиградусной сетки, за 1957-1990 г.г., в области, ограниченной координатами $2.5 - 57.5^{\circ}$ с.ш. и $2.5 - 77.5^{\circ}$ з.д. и наиболее полно охваченной измерениями. Количество месяцев без данных для большинства пятиградусных трапеций в этой области не превышает 2-5 при общем их количестве 408, т.е. 1%. Лишь в некоторых трапециях в южной части области количество пропусков ежемесячных данных достигает 5-10% общей длины анализируемого ряда;

- стандартные гидрометеорологические наблюдения на ст. Конакри-аэропорт и Белем за 1951-80 г.г. (для осадков за 1921-1986 г.г.);

- данные о приводном давлении в центрах действия атмосферы Северной Атлантики (Исландский минимум и Азорский максимум) за 1894-1986 гг., их разность обычно называется индексом (циркуляции) Россби;

- климатические данные о поле ветра (Helleman & Rosenstein, 1983; Servain & Lukas, 1990) и составляющих потоков тепла Строкиной (1989) для Тропической Атлантики;

- аномалии температуры поверхности воды в экваториальной зоне Тихого и Атлантического океанов за 1989-92гг.;

- спутниковые данные о поле облачности Тропической Атлантики за 1983-1987гг.

- данные об аномалиях поля ветра на уровне 850 мб НМЦ США за 1991-1992гг.

- ежедневные карты приземного глобального анализа Гидрометцентра России за 1986-1987гг. и 1991-1992гг.

Чтобы получить климатические гидрометеорологические характеристики, данные обычно усредняют по времени и пространству и интерполируют в узлы регулярной сетки. Результаты зави-

сят от погрешности получения первичной информации, ее количества и вида интерполяционной процедуры. В работе анализируются погрешности вычисления климатических норм и аномалий для каждой гидрометеорологической характеристики в отдельности.

Погрешность восстановления среднемесячных величин используемых для анализа гидрометеорологических параметров по данным стандартных специализированных и попутных судовых наблюдений составляет менее 5-10% амплитуды типичного сезонного хода. Это позволяет надежно описывать не только климатический сезонный цикл, но и его аномалии, величины которых достигают или превышают 30-50% амплитуды типичного внутригодового хода. Приведены также и абсолютные погрешности определения аномалий гидрометеорологических характеристик. Показано, в частности, что ошибка восстановления аномалий среднемесячной температуры поверхности воды и воздуха с учетом погрешности определения климатической нормы и среднего количества измерений температуры составляет $\sim 0,3-1^{\circ}\text{C}$.

К сожалению в открытой части Тропической и Субтропической Атлантики отсутствуют длительные гидрометеорологические наблюдения соответствующего качества (типа данных, полученных на судах погоды). В этих районах, используя многолетнее усредненное имеющихся данных наблюдений, можно восстановить типичный внутригодовой ход с погрешностью порядка 10-20% его амплитуды.

Все климатические массивы гидрометеорологических данных, использованные в работе, подвергались обработке по единой методике. Вначале вычислялись средние величины и амплитудно-фазовые характеристики годовой и полугодовой гармоник для каждого усредненного по месяцам климатического ряда. Затем рассчитывались текущие дисперсии для всех длительных рядов, выбирались стационарные участки реализаций и по ним рассчитывались автоспектры. Полученные амплитуды межгодовых вариаций сравнивались с амплитудой годовой и полугодовой гармоник. Для наиболее продолжительных реализаций рассчитывались текущие спектры, что позволило оценить изменчивость амплитуд межгодовых и внутригодовых вариаций во времени. Для некоторых периодов также рассчитывались амплитудно-фазовые характеристики годовой и полугодовой гармоник, которые сравнивались с усредненными климатическими характеристиками этих гармоник. Некоторые ряды подвергались взаимному спектральному анализу с целью оп-

ределения когерентности и сдвига фаз между низкочастотными вариациями различных гидрометеорологических параметров. При расчете авто- и взаимных спектров использовался стандартный алгоритм быстрого преобразования Фурье. Кроме этого определялись линейные тренды, исходя из предположения, что все временные ряды можно описать суммой линейного тренда, внутригодовых вариаций и случайной составляющей. Разложение внутригодовых вариаций на сумму годовой и полугодовой гармоник осуществлялось с помощью метода наименьших квадратов. Выбор именно этих гармоник обусловлен хорошо известным фактом о наличии в тропической зоне Ириового океана двух основных временных масштабов (год и полгода), на которых происходит приток энергии в систему океан - атмосфера.

Полученные в этой главе оценки точности восстановления климатических величин исследуемых параметров и их аномалий позволили в дальнейшем выбрать те характеристики, по которым низкочастотная изменчивость выделяется наиболее надежно.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ уточнены и проанализированы физико-географические особенности параметров годовой и полугодовой гармоник для основных гидрометеорологических параметров.

Подтверждено, что основными масштабами внутригодовой изменчивости основных элементов системы океан-атмосфера являются год и полгода. Показано, что разность давления между Азорским максимумом к тропической депрессией подвержена полугодовым вариациям, превышающим по амплитуде годовые.

В поле ветра Тропической Атлантики отмечаются и годовые и полугодовые вариации, причем амплитуды их для зональной и меридиональной компонент существенно различны. В поле зонального ветра в Экваториальной Атлантике преобладает годовая гармоника, полугодовые вариации вносят значимый вклад во внутригодовую изменчивость зонального ветра только в северной части Тропической Атлантики. В поле меридионального приводного ветра полугодовая гармоника достигает максимальной амплитуды, близкой к амплитуде годовой гармоник в восточной части - в области ВЭК и западноафриканского апвеллинга. Годовые и полугодовые вариации V-компоненты близки между собой и в северной части Тропической Атлантики. Над остальной акваторией Тропической Атлантики преобладает годовые вариации.

Основной вклад во внутригодовую изменчивость осадков, выпадающих в зоне ВЭК, вносит годовая гармоника, ее максимальная

амплитуда наблюдается в районах с ярко выраженным муссонным режимом.

Суммарный поток тепла на поверхности океана вне зоны ВЭК подвержен, главным образом, вариациям с периодом один год. В области ВЭК (особенно в восточной части Тропической Атлантики) полугодовая гармоника превалирует по амплитуде годовую.

Проведенный анализ типичного сезонного цикла основных гидрометеорологических элементов Тропической и Субтропической Атлантики позволил в дальнейшей корректно выделить крупномасштабные аномалии исследуемых полей и в то же время получить некоторые новые сведения об их внутригодовых вариациях.

ЧЕТВЕРТАЯ основная ГЛАВА диссертации посвящена анализу низкочастотной изменчивости гидрометеорологических характеристик Северной Атлантики.

Вначале рассмотрены межгодовые вариации в системе океан-атмосфера с характерными временными масштабом до 10 лет. Для всех анализируемых параметров выявлены области с повышенным уровнем межгодовых флуктуаций. С точки зрения механизма возбуждения межгодовых осцилляций в системе океан-атмосфера важно определить характер этих вариаций. Они могут проявляться в виде изменчивости среднегодовых величин гидрометеорологических параметров без изменения амплитудно-фазовых характеристик внутригодовых колебаний и/или в вариациях амплитуд и фаз годовой и полугодовой гармоник.

Отмечено, что вклад дисперсий аномалий ежемесячных температур воды, воздуха и их разности в общую изменчивость превышает 50% в Экваториальной Атлантике. Причем, в годы ЭН аномалии температур в Тропической и Субтропической Атлантике обычно в 1,5-2 раза больше, чем среднеквадратические отклонения, а в годы наиболее интенсивных ЭН они могут достигать 4-5 RMS, как это имело место в 1982 году. Показано, таким образом, что аномальные океанические условия в Атлантическом океане наиболее выражены в годы ЭН, когда наблюдаются и глобальные атмосферные аномалии.

С целью выявления взаимосвязи тихоокеанских и атлантических циркуляционных аномалий в атмосфере был проведен анализ низкочастотной изменчивости индексов Россби и ВО. Отмечено, что в зимний период величины межгодовых вариаций индекса Россби достигают 30 мб, что существенно превышает амплитуду усредненного сезонного цикла.

В спектрах индексов Россби и \bar{W} присутствуют значимые пики на периодах 2,5 года и от 3 до 7 лет. В кросс-спектре выделяется значимый пик на периоде 2,5 года, причем, изменчивость индекса Россби запаздывает по фазе относительно индекса \bar{W} . Однако, когерентность на соответствующих частотах невелика.

Таким образом, статистический подход позволяет констатировать наличие отклика гидрометеорологических полей Атлантического океана на явление ЭН в Тихом океане. Однако, продолжительность наблюдений в открытых частях Атлантического океана недостаточна для установления статистически значимых взаимосвязей между атлантическими и тихоокеанскими аномалиями. Кроме того имеются существенные различия между индивидуальными событиями ЭН. Поэтому для установления влияния события ЭН на циркуляции атмосферы в Северной Атлантике были рассчитаны амплитудо-фазовые характеристики годовой и полугодовой гармоник индекса Россби для послевоенных лет типичных ЭН. Получено, что зимой перед началом ЭН величина индекса Россби обычно аномально высока, весной года ЭН его интенсивность резко уменьшается, к зиме следующего года — увеличивается. Это приводит к увеличению амплитуд годовой и полугодовой гармоник индекса Россби в годы ЭН приблизительно в два раза по сравнению с амплитудой усредненного внутригодового хода.

Одновременно с изменением давления в центрах действия атмосферы в аномальные годы происходит их смещение в меридиональном направлении, что также проявляется и в поле ветра. Замечено, что перед началом развития ЭН усиление атмосферной циркуляции сопровождается смещением в меридиональном направлении зон пассатных ветров и западного переноса.

Интенсификация атмосферной циркуляции вызывает усиление океанических течений в слое трения и во всем бароклинном слое. Это подтверждают величины рассчитанных дрейфовых и свердруповских переносов, которые в аномальные годы могут в несколько раз превышать климатические величины.

Меридиональное смещение зоны пассатных ветров проявляется и в аномалии миграций зоны ВЭК в меридиональном направлении. Перед началом Эль-Ниньо ВЭК занимает обычно аномально северное положение, а после его начала — близкое к климатическому или к югу от него. Поскольку в неаномальные годы ВЭК в зимний период занимает крайне южное положение, а в летне-осенний — крайне северное, это приводит к уменьшению внутригодовых вариаций

меридиональных смещений ее оси. Аномалии интенсивности атмосферной циркуляции проявляются также в аномалиях поля облачности ВЗК и количества осадков в ее окрестности, вариации которых близки к амплитудам годовой и полугодовой гармоник.

Межгодовые вариации основных гидрометеорологических характеристик приводят к соответствующим вариациям потоков тепла на поверхности океана. Рассчитанные величины межгодовой изменчивости суммарных потоков тепла на поверхности океана позволяли оценить обусловленные ими вариации поверхностной температуры океана. С привлечением одномерного уравнения турбулентной теплопроводности для верхнего перемешанного слоя показано, что, в отличие от экваториальной зоны Тихого океана, межгодовые вариации потоков тепла в Экваториальной Атлантике играют более существенную роль в формировании межгодовой изменчивости температуры поверхности океана.

Анализ межгодовой изменчивости гидрометеорологических характеристик с типичным временным масштабом 2-7 лет завершается описанием комплекса аномальных условий в системе океан-атмосфера, сопровождающих ЭН Тихого океана, на примере последнего ЭН 1991-1992 г.г., мониторинг которого выполнялся нами на всех этапах его развития. Проанализированы отличительные особенности этого ЭН по сравнению с композитным ЭН Расмуссона и Карпентера, которые проявлялись в следующем:

- индекс ИО в летние месяцы 1991 г. был меньше по абсолютной величине, чем весной, а своего минимума он достиг в январе 1992 г.;

- до октября 1991 г. практически не наблюдались аномалии температуры поверхности у западного побережья Южной Америки;

- основная теплая аномалия сформировалась в поверхностном слое восточной части экваториальной зоны Тихого океана (между 90 и 130° з.д.) в мае 1991 г. и двигалась в западном направлении со скоростью около 25 см/с, интенсифицируясь до августа-сентября и увеличиваясь в размерах до конца года;

- одновременно с положительными аномалиями в Тихом океане начали формироваться теплые аномалии в Тропической Атлантике, которые достигли максимального развития на два-три месяца раньше, чем в Тихом океане - в мае-июне 1991 г.;

- абсолютная величина аномалий температуры поверхности воды в период их максимального развития в Тропической Атлантике была близка к величине тихоокеанских аномалий (соответственно

около 3 и 4°C).

Таким образом, ЭН 1991-1992 г.г. существенно отличалось по сценарию развития от типичного ЭН, приближаясь по степени аномальности к ЭН 1982-1983 г.г.

Эль-Ниньо 1991-92 г.г. в период своего развития проявлялось прежде всего в аномалиях среднегодовой температуры поверхности океана без значительного изменения амплитуды внутригодовых вариаций. Только после достижения ЭН зрелой фазы в центральной и западной частях тропической зоны Тихого океана отмечался существенный рост амплитуды годовой гармоники, а в восточной ее части ее уменьшение.

Подчеркнуто, что ослабление пассатного ветра у экватора в восточной части Атлантического океана и аномалии вдольберегового ветра у западного побережья Африки весной 1991 г. были значительнее выражены, чем в восточной части экваториальной зоны Тихого океана. Вследствие этого наибольшие аномалии температуры поверхности воды наблюдались в Тропической Атлантике уже в мае 1991 г., в то время как в Тихом океане — только в августе. Таким образом, эпизод типа ЭН 1991 г. в Тропической Атлантике достиг своей максимально развитой фазы как минимум на два-три месяца раньше, чем ЭН в Тропической зоне Тихого океана. Причем аномалии температуры поверхности воды в период их максимального развития в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов по абсолютной величине были близки (соответственно около 4 и 3°C). Естественно, что из-за меньших пространственных размеров аномалий в Тропической Атлантике их влияние на глобальное взаимодействие океана и атмосферы существенно меньше по сравнению с влиянием тихоокеанских аномалий. Однако события типа ЭН в Тропической Атлантике приводят, как видно из приведенных результатов, к климатически значимым региональным последствиям и могут, по-видимому, служить своеобразным предиктором развитого ЭН в Тихом океане, по крайней мере для эпизодов, аналогичных ЭН-91/92.

В последней части этой главы анализируется низкочастотная изменчивость гидрометеорологических параметров в Северной Атлантике с характерным временным масштабом несколько десятилетий. Для анализа использованы климатические ряды с 1957 по 1990 г.г.

Показано, что области, где наблюдаются максимальные тренды и максимальные уровни межгодовых вариаций не совпадают

между собой.

В полях температурных трендов выделяются три области. В тропической зоне отмечается потепление атмосферы и охлаждение океана, при этом разность температур вода-воздух уменьшается. В Субтропиках нагреваются и атмосфера и океан, но разность температур вода-воздух уменьшается. В области, расположенной к северу от 45-50° с.ш. охлаждается и вода и воздух, причем, вода выхолаживается быстрее. Таким образом, видно, что почти на всей акватории Северной Атлантики уменьшается разность температур вода-воздух, что, естественно, приводит к уменьшению величин явных потоков тепла на поверхности океана. В то же время анализ трендов влажности показал, что для скрытых потоков тепла наблюдается тенденция к увеличению практически на всей акватории Северной Атлантики, и особенно, в тропической ее части.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ диссертации сформулированы основные результаты работы, которые уточняют и детализируют положения, выносимые на защиту, и сводятся к следующему.

1. Гидрометеорологические характеристики Тропической и Субтропической Атлантики подвержены межгодовым вариациям с типичным временным масштабом от 2 до 7 лет. Их амплитуда сравнима с амплитудой типичного внутригодового хода, а в отдельные периоды для некоторых гидрометеорологических параметров и превышает ее. Межгодовая изменчивость гидрометеорологических характеристик Тропической Атлантики этого типа проявляется как в вариациях среднегодовых величин, так и в изменении амплитудо-фазовых характеристик годовой и полугодовой гармоник и в значительной степени обусловлена событиями ЭН в Тихом океане.

2. Аномальные условия, наступающие в Атлантике в связи с событием ЭН в Тихом океане проявляются в следующем:

- перед началом ЭН в Северной Атлантике наблюдается интенсификация циркуляционных атмосферных ячеек (циркуляции Хэдди и Уокера) и смещение центров действия атмосферы и ВЗК к северу от своего климатического положения. При этом у восточного побережья Тропической Атлантики наблюдаются отрицательные аномалии температуры поверхности океана, а в Субтропическом круговороте-положительные;

- вслед за началом ЭН происходит ослабление интенсивности циркуляционных систем в Северной Атлантике и смещение их к югу-в положение, близкое к климатическому или южнее его, при

этом происходит формирование положительных аномалий температуры поверхности океана в восточной части Тропической Атлантики;

- амплитуда годовой гармоники для индекса России в годы ЭН увеличивается в 1.5-2 раза по сравнению с климатической, а амплитуда меридиональных миграций центров действия атмосферы и ВЗК уменьшается в годы ЭН на несколько градусов.

3. Подробный анализ комплекса аномальных условий, формирующихся в системе океан-атмосфера был сделан при помощи выполненного с участием автора мониторинга ЭН 1991-1992 г, начавшегося весной 1991 г.

4. Одновременно с аномалиями, вызываемыми ЭН Тихого океана, наблюдаются и собственные атлантические колебания с масштабами 2-7 лет, не коррелирующими явным образом с ЭН. Их вклад в общий дисперсии колебаний такой периодичности составляет порядка 50% (для индекса России).

5. Наряду с вариациями типа ЭН в Атлантике присутствуют более низкочастотные флуктуации с масштабом от нескольких десятков до сотни лет и амплитудой, сравнимой с вариациями масштаба ЭН.

Основные результаты, включенные в диссертацию, опубликованы в следующих работах.

1. Воскресенская Е.Н., Сизов А.А. О процессах теплообмена в системе "Межпассатное противотечение - внутритропическая зона конвергенции" (ИПТ-ВЗК) Тропической Атлантики. - В кн. Энергетические ресурсы и энергообмен в океане. - Владивосток: - 1985. - С. 33-37.

2. Сизов А.А., Воскресенская Е.Н., Новоселова А.А., Шутова Е.Н. Квазидвухлетняя изменчивость теплообмена пограничных слоев атмосферы и океана в Северной Атлантике. - Морской гидрофизический журнал (МГЖ). - : 1987. - № 5. - С. 41-47.

3. Сизов А.А., Воскресенская Е.Н., Шровский А.В. Теплообмен пограничных слоев атмосферы и океана в Тропической энергоактивной зоне Атлантики в зимне-весенний сезон 1986 г. (по материалам трансатлантической съемки ТЗА30). ИГи АН УССР, - Севастополь. - 1987. - 12 с. (Рук. деп. в ВИНИТИ 24.06.87, № 4551-В87).

4. Воскресенская Е.Н., Сизов А.А. Крупномасштабная изменчивость поверхностной температуры в Тропической Атлантике и ее связанность с флуктуаций приземного давления в Азорском антициклоне. В кн. География Мирового океана на службе рациональ-

ного использования морских ресурсов.- Я: 1989. - С.110.

5. Сизов А.А., Воскресенская Е.Н., Новоселова А.А. О взаимосвязанности межгодовых вариаций атмосферной циркуляции Северной Атлантики и поверхностной температуры Тропической Атлантики. - ИГи. - № 5, 1991. - С. 24-28.

6. Артамонов В.В., Воскресенская Е.Н., Джиганнин Г.Ф., и др. Межгодовая изменчивость гидрометеорологических и гидрофизических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики в связи с глобальными вариациями типа Эль-Ниньо-Южные осцилляции (Монография под ред. А.Б.Полонского, А.А.Сизова) деп. в ВНИИТИ, 10.12.91 № 4560-В 31. - 247с.

7. Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б. Северо-Атлантические колебания и их связь с Эль-Ниньо - Южные осцилляции.- ИГи, № 4, 1992. - С. 48-56.

8. Воскресенская Е.Н., Зеленко А.А., Полонский А.Б. Эль-Ниньо 1991-92 г.г. и его проявления в Тропической Атлантике.- ИГи, № 6, 1992. - С.62-70.

9. Воскресенская Е.Н., Джиганнин Г.Ф., Полонский А.Б. Изменчивость гидрометеорологических и гидрофизических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики в связи с глобальными вариациями типа Эль-Ниньо - Южные осцилляции.- В сб. Методы гидрофизических исследований. Четвертая школа-семинар, Калининград: 1992.- С. 24-25.

10. Воскресенская Е.Н., Зеленко А.А., Полонский А.Б. Событие Эль-Ниньо в 1991 г. и его проявления в Тропической Атлантике.- Там же.- С. 25-26.

11. Polonsky A. B., Voskresenskaya E. n., Zelen'ko A. A. ENSO-like EVENT in the TROPICAL ATLANTIC in 1991 // TOGA NOTES.- 1992.- № 6.- P. 8-10.

12. Polonsky A.B., Voskresenskaya E.N. The NAO and ENSO Teleconnection. - TOGA Notes. - No 6.- 1992, 7-8.

13. Polonsky A.B., Voskresenskaya E.N., Zelenko A.A. A comparative study of the ENSO-91/92 in the Pacific ocean and ENSO-like EVENT-91 in the Tropical Atlantic. Annales Geophysicae, Part 2, Oceans, Atmosphere, Hydrology & Nonlinear Geophysics. Supl.2, V.11, 1993, 212.

14. Polonsky A.B., Voskresenskaya E.N. On the North Atlantic and Southern Oscillation. -Annales Geophysicae, Part 2, Oceans, Atmosphere, Hydrology & Nonlinear Geophysics. Supl.

Воскресенская Елена Николаевна

**НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМ ОКЕАН-АТМОСФЕРА
ТРОПИЧЕСКОЙ И СУБТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ**

Автореферат

Подписано в печать 20.09.1993г.

Формат бумаги 60x90 1/16. Объем 1 уч.изд.л.

Заказ 451

Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИПУ "ЭКОСИ - Гидрофизика"

335000, Севастополь, ул. Ленина, 28

463840

AB 28.406

AB 28.406