

14

На правах рукописи



Бендик Анатолий Борисович

**СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ И
ОКЕАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Калининград - 2007

Работа выполнена в Атлантическом научно-исследовательском институте
рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО)

Научный руководитель:

доктор географических наук,
профессор

ЯКОВЛЕВ
Владимир Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,
член-корреспондент РАН

НЕЙМАН
Виктор Григорьевич

доктор биологических наук,
профессор

САУСКАН
Владимир Ильич

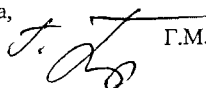
Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Защита состоится 19 января 2007 г. в 15 час. на заседании диссертационного
совета Д 212.084.02 по защите диссертаций при Российском государственном универ-
ситете имени Иммануила Канта по адресу: 236040, Калининград, ул. Университетская,
2, ауд. 206; e-mail: ecogcoigraphy @ gambler. ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского
государственного университета имени Иммануила Канта

Автореферат разослан 12 декабря 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук

 Г.М. БАРИНОВА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Научный интерес к Юго-Восточной части Тихого океана (ЮВТО) предопределен, с одной стороны, уникальными природными особенностями взаимодействия атмосферы и океана, вызывающими время от времени аномально-катастрофические явления Эль-Ниньо. С другой стороны, научно-практический интерес вызван поисками возможных закономерностей влияния абиотических факторов среды на биологическую продуктивность и эффективность промысла (рисунок 1).

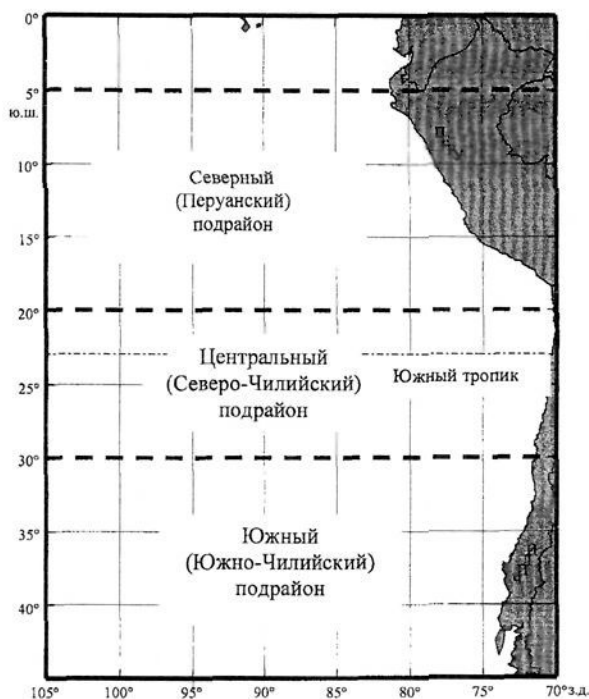


Рисунок 1 - Юго-Восточная часть Тихого океана. Подрайоны отечественного экспедиционного промысла в период с 1978 по 1991 гг.

Успешное развитие методов прогнозирования, как одного из главных конечных продуктов научной деятельности специалистов в области промысловой океанологии, связано с проблемой не столько адаптации новых математических методов к задачам

промысловых прогнозов, но нуждается в углубленном знании и правильном понимании механизмов изменчивости физических, гидродинамических и биологических процессов. Особо все это ощущается на фоне резкого сокращения прямых натуральных наблюдений в редких теперь морских экспедициях.

Со времен Бьеркнеса и Виртки (Bjerknes, 1969,1972; Wyrtki, 1981), которые в 60-70-х годах XX века постарались смоделировать в единой качественной системе взаимодействие основных, по их видению, факторов, связывающих воздушную и водную оболочки южной части Тихого океана, появились другие концепции и модели, расширившие, но во многом усложнившие общее понимание (Gill, 1983; Zebiak, 1987; Schopf, 1988; Neelin, 1992, 1998; Picaut, 1997; Weisberg, 1997; Гущина, Девитт, Петросянц, 2000 и др.). Впервые именно Бьеркнесом и Виртки обнаружен “оригинальный конвэйер” обмена теплом между востоком и западом экваториально-тропической зоны океана и, тем самым, дано свое понимание явления Эль-Ниньо, ставшее впоследствии классическим.

Однако выяснилось, что, например, периодичность и сценарии Эль-Ниньо весьма заметно меняются во времени (Quinn et al., 1978; Elliott, Angell, 1988; Груза и др., 1989; Петросянц, Гущина, 2002 и др.). В частности, аномалии температуры поверхности океана могут мигрировать не только на восток, но и на запад; пятно теплой воды может не достигать берегов Эквадора и Перу, а ограничиваться только центральной частью Тихого океана и т. п. Поэтому приходится признать, что до настоящего времени нет целостной картины и комплексного представления о взаимозависимом, многообразном функционировании океана и атмосферы ЮВТО как многокомпонентной природной системы.

История освоения района и научно-поискового обеспечения отечественного экспедиционного промысла (1978-1991 гг.) указывает на не простой и противоречивый путь изучения степени воздействия гидрометеорологических условий на динамику численности и распределение промысловых объектов. На первых этапах решение прикладных задач океанологии в ЮВТО сводилось к пониманию элементарных причинно-следственных связей между отдельными гидрометеорологическими показателями и поведением рыбных скоплений. Достижение поставленной цели осуществлялось постепенно от поиска частных, фрагментарных зависимостей к формированию общих, системных взглядов на закономерности, характер развития, особенности взаимовлияния различных факторов и процессов в океане и атмосфере района.

Цель и задачи работы. Как показала ревизия и систематизация собранных в разные годы экспедиционных материалов, а также попытки параметризации отдельных их составляющих, корректное совместное использование полученных данных очень за-

труднительно и даже в ряде случаев нецелесообразно, особенно, для применения математических методов (Бендик, Яковлев, 2005). Причина - крайняя пространственно-временная неравномерность экспедиционных полигонов, на которых собирались гидрометеорологические, гидробиологические и биолого-статистические данные вылова.

Цель работы - выявление основных структурных особенностей атмосферных и океанических процессов в Юго-Восточной части Тихого океана.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Выработать методологические подходы к исследованиям атмосферных и океанических процессов, а затем на основе новой методологии расшифровать физические механизмы взаимного влияния наиболее характерных факторов, параметров и явлений в океане и атмосфере ЮВТО.

2. С использованием концепции логической модели гидрометеорологического мониторинга дать представление о физико-географических закономерностях формирования в ЮВТО доступной потенциальной энергии в качестве одной из интегральных характеристик динамического состояния вод.

3. Создать качественную модель взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО, в рамках которой показать изменчивость системы "океан-атмосфера" ЮВТО, включая особые гидрометеорологические ситуации, их нормальный (Ла-Нинья) и аномальный (Эль-Ниньо) ход.

4. Изучить особенности и отразить в качественной модели режимы максимальной устойчивости усиленной и ослабленной циркуляции океана и атмосферы ЮВТО, рассмотреть ретроспективную сопряженность разных режимов циркуляции с состоянием промысловой продуктивности.

5. Выработать возможный сценарий развития гидрометеорологических процессов в ЮВТО на ближнюю и долгосрочную перспективу.

Объект исследования. Атмосферные и океанические процессы, их сезонная и межгодовая изменчивость в Юго-Восточной части Тихого океана.

Предмет исследования. Разработка и апробация логической и качественной моделей структурного взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО, их диагностических и прогностических возможностей.

Материалы и методы исследования. Основой проводившихся исследований послужили материалы морских экспедиций (всего более 150), осуществленных научно-исследовательскими и научно-поисковыми судами ВНИРО, АтлантНИРО и Управления "Запробпромразведка" в период активного освоения района (1979-1991 гг.). Во

многих экспедициях автор принимал непосредственное участие, начиная с 1982 г., и заканчивая последней по времени проведения экспедиции в 2002-2003 гг. Критерием отбора конкретных материалов, как правило, служило наличие в каждом из них глубоководных наблюдений, выполненных на стандартных горизонтах в процессе проведения комплексных океанологических, гидробиологических и тралово-акустических съемок или разрезов. Привлекались и другие гидрометеорологические материалы, собранные в разные годы отечественными и зарубежными организациями.

Были задействованы данные о среднемесячном атмосферном давлении на уровне моря за период 1970-2003 гг., а также среднемесячная температура поверхности океана (ТПО) и ее среднемесячные аномалии (АТПО) за период 1971-2002 гг. (массив NCEP/NCAR Reanalysis). В рамках постоянного научного мониторинга отслеживались среднемесячные индексы Южного Колебания (ЮК), получаемые из Гидрометеоцентра России. В последнее время использовались среднемесячные значения атмосферного давления в центре Южно-Тихоокеанского антициклона (ЮТА), положение широты и долготы его центра, рассчитанные за период 1949-2003 гг. В.Н. Малининым (Санкт-Петербург, РГГМУ).

По мере необходимости привлекались материалы глубоководных наблюдений в ЮВТО из международной базы данных, включающей в себя результаты глубоководных океанологических наблюдений по всему Мировому океану (Levitus et al., 1998).

Нашли также свое применение наиболее репрезентативные промыслово-статистические материалы из соответствующего каталога АтлантНИРО по результатам работы в ЮВТО отечественного рыбодобывающего флота.

Все материалы метеорологических и океанологических наблюдений обрабатывались традиционными методами, применяемыми в современных исследованиях.

Научная новизна и теоретическая значимость. На основе изученности литературных источников изложены достоинства и недостатки ряда современных математических моделей, в которых используется как реальное состояние начальных условий взаимодействия океана и атмосферы, так и воспроизводятся последующие этапы их возможного развития. Структурированы важнейшие атмосферные и океанические параметры ЮВТО, дано описание условий формирования и изменчивости характерных явлений в океане и атмосфере региона.

Результаты исследований позволили выделить и проанализировать сезонность основных, возникающих в южной половине Тихого океана, и, в частности, в ЮВТО, гидрометеорологических ситуаций (состояний океана и атмосферы) с использованием экс-

педиционных наблюдений и доступной литературы. При этом впервые в практике промыслово-океанологических исследований нашли широкое применение результаты расчетов и картирование значений доступной потенциальной энергии вод океана. Впервые на основе концепции логической модели гидрометеорологического мониторинга реконструированы и объяснены механизмы взаимного влияния наиболее характерных доминирующих факторов, как в океане, так и в атмосфере ЮВТО.

Также впервые, в рамках качественной региональной модели, дано описание поведения океана и атмосферы как квазициклической колебательной системы между противоположными режимами высокой и низкой интенсивности процессов. Анализ фактических и прогностических показателей ЮТА с учетом двух моделей - качественной модели взаимодействия океана и атмосферы и математической полигармонической модели - впервые позволил предложить возможный прогноз Эль-Ниньо на первую половину XXI века.

Результаты исследований имеют научно-практическое значение для океанического промысла, мореплавания и др.

Практическая значимость работы. Результаты многолетних исследований проблемы взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО, изложенные наиболее полно в данной диссертации, широко использовались ранее, а также используются в настоящее время при разработке гидрометеорологических основ прогнозов возможного вылова рыбы и нерыбных объектов в межгодовом и внутригодовом аспектах. За годы применения концепции логической модели мониторинга, а позже элементов качественной модели взаимодействия океана и атмосферы ошибочных предсказаний возможных тенденций и характера развития гидрометеорологических процессов в ЮВТО не зафиксировано.

Впервые в работе над ежегодными уточнениями гидрометеорологических разделов прогнозов вылова появилась возможность применять комплексный подход к диагнозу и прогнозу Эль-Ниньо на основе двух независимых моделей - концептуальной качественной и расчетной полигармонической.

Апробация полученных результатов. Отдельные части работы и диссертация в целом докладывались и обсуждались на коллоквиумах лаборатории промысловой океанологии и отчетных сессиях АтлантНИРО, на географическом факультете Российского государственного университета имени Иммануила Канта, на IX Конференции по промысловой океанологии (Лесное-Калининград, 1993), на IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (Мурманск, 1999), на XIII Международной конференции по промысловой океанологии (Светлогорск-Калининград,

2005), а также на региональных конференциях Русского географического общества (Калининград, 1999; 2003).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Концепция логической модели гидрометеорологического мониторинга ЮВТО.
2. Возможные варианты сценариев последовательной смены наиболее выраженных гидрометеорологических ситуаций в районе, когда циркуляция тропических и субтропических вод ЮВТО саморегулируется, проявляя противоположные черты по отношению к интенсивности юго-восточного пассата.
3. Качественная модель взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО в режиме двух общих для океана и атмосферы максимально устойчивых циркуляций (усиленной и ослабленной). Видоизмененный вариант той же модели отдельно для океана и атмосферы.
4. Комплексный подход к диагнозу и прогнозу Эль-Ниньо в ЮВТО, включающий концепцию качественной модели и модель полигармоническую.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения и библиографического списка используемой научной литературы. Текст изложен на 150 страницах, содержит 2 таблицы и 31 рисунок. Список литературы включает в себя 289 публикаций, из которых 148 на русском и 141 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д.г.н., проф. Владимиру Николаевичу Яковлеву за внимательное, плодотворное сотрудничество на всех этапах проводившихся исследований и в период работы над диссертацией. Автор также благодарен сотрудникам, руководству лаборатории промысловой океанологии и других подразделений отдела океанических биоресурсов АтлантНИРО за полезное обсуждение отдельных разделов диссертации и рукописи в целом, а Ирине Александровне Теницкой и Людмиле Евгеньевне Сазончик за большую помощь в техническом оформлении рисунков, таблиц и рукописи.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цели и задачи исследования, в том числе положения, выносимые на защиту.

Определяется цель по возможности максимально полно изложить имеющиеся на настоящее время представления о физической сути процессов формирования, законо-

мерностях развития и обстоятельствах смены разных гидрометеорологических условий, характерные особенности каждого из которых в той или иной степени ответственны за биологическую составляющую природно-экологического комплекса ЮВТО.

Для достижения поставленной цели ставится общая задача отразить логически целостную картину взаимообусловленных состояний океана и атмосферы, как единой системы.

В первой главе представлен обзор изученности проблемы взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО в ретроспективном и современном аспектах.

Освещаются современные представления, концепции, научные подходы к изучению и пониманию природных процессов и явлений в океане и атмосфере региона. Рассматриваются с разных точек зрения различные теории, объясняющие природу и механизм феноменального явления Эль-Ниньо. Подчеркивается неразрывная связь этого явления как с процессами в атмосфере, так и с процессами в океане ЮВТО.

Из разных литературных источников рассмотрены наиболее значимые и перспективные для дальнейшего совершенствования физико-математические модели взаимодействия океана и атмосферы, разработанные независимыми группами отечественных и зарубежных ученых. Многие коллективные и индивидуальные авторы моделей отмечают низкий уровень качественных представлений, а также неудовлетворительную трактовку физической сути и механизмов взаимодействия атмосферных и океанических процессов, что значительно снижает эффективность и качество конечных результатов (Гущина, Девитт, Петросянец, 2000; Глазунов, Дымников, 2002; Кузин, Моисеев, 2002 и др.).

Во второй главе формулируются методологические подходы к исследованиям атмосферных и океанических процессов в ЮВТО.

Представлена концепция логической модели взаимодействия океана и атмосферы района, как основа научного мониторинга феноменологических условий. В рамках основополагающих принципов модели для Перуанского, Северо-Чилийского и Южно-Чилийского подрайонов ЮВТО рассматриваются конкретные ситуации, оценивается вклад различных факторов в формирование тех или иных гидрометеорологических условий. Сущность модели, алгоритм последовательной работы с ней в кратком виде заключается в следующем.

Через *принцип относительной устойчивости* конкретной гидрометеорологической ситуации, отражающий степень саморегуляции процессов в динамической систе-

ме "океан-атмосфера", находятся наиболее убедительные факты, доказывающие относительно стабильные состояния океана и атмосферы.

Далее, согласно *принципу доминанты*, определяется преобладающий процесс (один или несколько), анализ которого дает возможность отследить логику поведения системы "океан-атмосфера".

При этом имеется в виду, что *принцип замены* одной устойчивой гидрометеорологической ситуации на другую устойчивую предполагает внутри любой ситуации зарождение и развитие процесса, приводящего к смене этой ситуации.

Однако, следуя *принципу преемственности*, процесс смены ситуации подразумевает оптимальный и сбалансированный вариант смены ситуаций в зависимости от характерных особенностей, вектора направленности и интенсивности доминирующих процессов в системе "океан-атмосфера".

Практически всегда можно видеть, что оптимальное и сбалансированное развитие процессов в воздушной и океанической среде происходит тогда, когда противоположные по свойствам и характеру устойчивые гидрометеорологические ситуации существуют и взаимодействуют только в четном варианте, исходя из *принципа четности*.

Однако нередко неоднозначность преобразования одной гидрометеорологической ситуации в другую констатирует факт непонимания (полного или частичного) временно скрытых природных механизмов, которые через *принцип неопределенности* рано или поздно, но должны быть найдены среди альтернативного (многовариантного) развития событий в системе "океан-атмосфера".

Определить иерархию причинно-следственных связей в преемственном развитии разных компонентов внутри меняющейся гидрометеорологической ситуации помогает *принцип причинности*, с помощью которого необходимо установить приоритеты найденных связей при выявлении доминирующих процессов и степень их влияния на последующее развитие ситуации.

И, наконец, *принцип предсказуемости* предполагает диагностическое суждение о возможности или невозможности предвидения последующего этапа развития гидрометеорологической ситуации на основе ранее примененных принципов, равно как и в результате всестороннего анализа всего комплекса условий, характеризующих состояние океана и атмосферы исследуемого района.

Применение логической модели при ведении научного мониторинга в ЮВТО существенно помогло оптимизировать поиск и объяснение причинно-следственных связей между процессами в океане и атмосфере, открыло возможность приблизиться к по-

ниманию физической сущности происходящих явлений. В этой связи можно сослаться на многолетний опыт использования традиционного динамического метода с построением карт геострофической циркуляции совместно с расчетами и картированием доступной потенциальной энергии вод, как одного из основных претендентов на универсальность в качестве абиотического критерия биологической продуктивности океанических вод ЮВТО (Цыганов, Бендик, 1984; Бендик и др., 1985).

Дана краткая характеристика используемых первоисточников метеорологических, океанологических, других данных и материалов, а также перечислены методы, примененные в исследованиях.

В третьей главе на основе современных представлений обосновывается необходимость и ставится цель разработать новую концепцию – качественную модель взаимодействия океана и атмосферы южной части Тихого океана, отражающую, как региональный механизм такого взаимодействия, так и общий планетарный. При этом в качестве базисной теории использовался классический подход Бьеркнеса-Виртки к проблеме Эль-Ниньо с учетом сильных и слабых сторон этого подхода.

Разъясняется трактовка изучаемой в модели динамической системы “океан-атмосфера” не как изолированной, но всегда открытой по отношению к внутренним и внешним источникам, воздействующим на нее.

Особо подчеркивается, что задача построения модели реализуется не от факта уже существующего феномена Эль-Ниньо, с определенной квазипериодичностью проявляющегося в юго-восточном секторе Тихого океана, что чаще всего делают многие другие авторы, но конструируется – логически моделируется, как последовательность иерархического развития процессов в океане и атмосфере. В создаваемой модели планируется показать, при каких обстоятельствах может возникать или отсутствовать явление Эль-Ниньо, исходя из убеждения, что все процессы наиболее ярко и четко проявляются в двух состояниях – усиленном и ослабленном режимах циркуляции.

В модели рассмотрены два функциональных структурных блока, демонстрирующих два противоположных состояния системы “океан-атмосфера”. Одновременно такой подход должен способствовать ранжированию природных показателей по степени их репрезентативности.

Детально рассматриваются процессы формирования ветрового поля юго-восточного пассата, объясняются механизмы развития к югу от экватора в Тихом океане, эпизодически возникающих, антициклональных ячеек атмосферной, а значит и океанической циркуляции в составе общего Южно-Тихоокеанского антициклонального

обращения воздушных и водных масс (Malkus, 1958; Palmén et al., 1958). Центрами таких самостоятельных ячеек являются временно изолированные части ЮТА. Выдвигается предположение, что от продолжительности их существования, трансформации формы во многом зависят не только региональные процессы, но и состояние системы “океан-атмосфера” в масштабах всей южной половины океана. Следовательно, в поле пассатного ветра всегда существуют меридиональные разрывы, вызванные обособлением ячеек ЮТА.

В связи с этим критически оценивается теория Бьеркнеса-Виртки, особенно с точки зрения их позиции упростить свою модель за счет игнорирования процессов, действующих в субтропическом и умеренном климатических поясах. Поэтому представление Бьеркнеса-Виртки о накоплении перегретых воздушных масс и теплой воды только на западной окраине океана за счет гигантского приэкваториального шлейфа юго-восточного пассата, не вполне верно. Такое представление искажает анализ реальных условий и затрудняет предвидение сроков наступления переломных процессов, связанных с ослаблением атмосферной и океанической циркуляции, формированием, пространственно-временным развитием и ранжированием температурных аномалий на поверхности океана, а также сезонным ходом этих процессов.

Четвертая глава посвящена описанию характерных черт сезонных и межгодовых изменений гидрометеорологических условий ЮВТО.

Указывается, что нарушение пространственно-временной стабильности и однородности поля юго-восточного пассата непосредственно зависит от ослабления ЮТА и напрямую связано со смещением восточного центра антициклона к югу, юго-востоку, что хорошо отражает тенденция падения индекса ЮК. Такой атмосферной перестройке характерен соответствующий отклик Перуано-Чилийского комплекса течений, когда он переходит к состоянию пространственно-временной нестабильности.

Показано, что наиболее чувствительные последствия на состоянии физико-экологического комплекса ЮВТО вносит межгодовая изменчивость гидрометеорологических процессов, особенно в тропическо-субтропической зоне.

На основе изучения литературных источников, а также собственных результатов исследований делается вывод, что Эль-Ниньо – это региональное явление и его зарождение связано со сложившимися географическими, орографическими условиями, особенностями общей циркуляции вод в экваториальной зоне Тихого океана и в смежных областях. Дана оценка явления Эль-Ниньо не только как регионального события, но и в качестве его последствий, которые могут отражаться далеко за пределами ЮВТО.

Иллюстративным примером формирования и распределения на поверхности океана теплых и холодных аномалий ТПО вследствие состоявшегося атмосферного воздействия приведены ретроспективные материалы, наиболее ярко отражающие последнее в календаре катастрофическое событие Эль-Ниньо 1997-1998 гг., этапы его начала, развития и затухания.

Рассматривается влияние атмосферной циркуляции на динамику океанических вод умеренных широт. При этом особое внимание уделено процессам формирования и изменчивости разномасштабных фронтальных разделов в океане, их значимости в структуре и динамике водных масс региона.

Акцентируется внимание на том, что последствия смены синоптических ситуаций для верхнего слоя океана выражаются, прежде всего, в перманентном обострении или размывании структуры локальных фронтальных участков, что вызывает усиление или ослабление процессов конвергенции и дивергенции в системе Южно-Тихоокеанского течения вдоль Субтропического фронта.

В пятой главе рассматриваются физико-географические закономерности формирования в ЮВТО доступной потенциальной энергии (ДПЭ) в качестве одной из интегральных характеристик динамического состояния вод.

Подчеркивается, что меандры Перуанской системы течений имеют классический вид волновых возмущений, амплитуда которых по мере приближения основных ветвей течения к экватору постепенно растет, а сами меандры могут быть столь велики, что в определенные моменты способны преобразовываться в самостоятельные синоптические вихри. Важнейший энергетический источник нарастающих меандров - потенциальная энергия наклона изопикнических поверхностей в толще срежня течения. Указанная энергия доступна для своего перехода в кинетическую энергию волнового возмущения течения – в конкретный меандр, формирование которого неразрывно связано с начавшимся процессом дивергенции скорости.

Ключевым механизмом передачи ДПЭ служат градиентно-вихревые волны. Особенность таких волн – активное их взаимодействие с полем средней геострофической циркуляции. При этом само геострофическое течение может претерпевать значительные изменения после воздействия на него градиентно-вихревых возмущений.

Рассмотрены физическая суть и методические аспекты расчета ДПЭ. Показано, что ДПЭ в слое одинаковой толщины соответствует рельефу свободной поверхности океана.

Из этого вывода следует, что при геострофическом равновесии в неоднородном по вертикали океане в случае нарушения горизонтальности свободной поверхности происходит перераспределение плотности.

При этом полная потенциальная энергия двух соседних столбов жидкости остается равной и постоянной.

Другое следствие – возможность расчета ДПЭ непосредственно по распределению плотности без привлечения гипотезы о положении нулевой динамической поверхности.

В шестой главе, следуя логической модели мониторинга, отражены основные связи абиотических и биотических параметров вод ЮВТО, что характеризует район, как уникальный, с точки зрения биологического и промыслового потенциала.

Как показали результаты проведенной АлантНИРО в 2002-2003 гг. последней по времени экспедиции, ЮВТО продолжает сохранять за собой позиции особо перспективного района для успешной работы там большой экспедиционной группы промыслового флота.

Благодаря гигантскому антициклональному крутовороту воздушных и океанических масс, в южной части Тихого океана на периферии восточных пограничных течений создаются уникальные условия формирования высокой биологической продуктивности. Под влиянием интенсивного Перуано-Чилийского апвеллинга с учетом специфики местных факторов, зависящих от климатических поясов, благоприятные условия среды формируются не только в шельфовых районах, но и далеко в открытом океане.

Столь же уникальна и южная периферия круговорота, где на разделе субтропических и субантарктических водных масс вдоль Субтропического фронта создаются вергентные зоны, формируются фронтальные меандры и вихри самых разных пространственно-временных масштабов.

Многолетний опыт исследований ДПЭ вод ЮВТО показал, что прикладные аспекты такого рода работ могут быть полезны и успешно применимы для более полного, всестороннего диагноза термохалинной и динамической структуры вод, биопродукционные процессы которых представляют интерес.

Приведены примеры ретроспективных материалов, иллюстрирующие пространственно-временную изменчивость поля ДПЭ в качестве индикатора степени развития общей биологической и промысловой продуктивности.

Для разных сезонов и лет в тропических и субтропических водах Перуанского подрайона ЮВТО (5-20° ю.ш.) отслежены особенности распределения бюджета ДПЭ, кото-

рые оказались тесно связаны, например, с распределением планктона – основной кормовой базой разновозрастных промысловых рыб. Дано описание развития природных процессов в ЮВТО с учетом ДПЭ.

Для экосистемы умеренных широт (30-50° ю.ш.) приоритетное значение в формировании промысловой продуктивности имеет, так же, как и в тропическо-субтропической зоне океана, трехмерное поле циркуляции, но в широтной системе Южно-Тихоокеанского течения. В Южно-Чилийском подрайоне нулевая эквипотенциальная граница между двумя различными водными массами, обладающими, с одной стороны, запасом, а, с другой стороны, дефицитом ДПЭ, представляет собой устойчивый пространственно-временной ориентир массовых рыбных скоплений.

Седьмая глава подводит итог создания качественной модели взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО.

В рамках модели уделено особое внимание характерному природному алгоритму развития системы “океан-атмосфера” в тропическом и субтропическом поясе, где время от времени проявляет себя феномен Эль-Ниньо.

Выделены четыре наиболее характерные гидрометеорологические ситуации, две из которых устойчивы, а две неустойчивы в различных пространственно-временных масштабах (рисунок 2).

Определены две оригинальные подсистемы взаимодействия океана и атмосферы тропиков – субтропиков ЮВТО: “Юго-восточный пассат – Перуанское течение” и “Юго-восточный пассат – Перуано-Чилийское противотечение”, каждая из которых имеет свой особый режим циркуляции океанических и воздушных масс. Установлено, что функционирование двух указанных подсистем порождает спектр автоколебаний в системе “океан-атмосфера” ЮВТО, как внутригодового так и межгодового масштабов времени.

Показано, что условия устойчивой фазы саморегулируемого режима движений в подсистеме “Юго-восточный пассат – Перуано-Чилийское противотечение” на фоне резкого и стабильного падения барико-климатического индекса ЮК можно оценивать как предтечу явления Эль-Ниньо.

Утверждается, что для формирования высокой биологической продуктивности и ведения эффективного промысла последствия функционирования выделенных подсистем абсолютно разные: в одном случае (стабильно сильный юго-восточный пассат) – благоприятные, в другом (слабый пассат до почти безветрия) – не благоприятные.

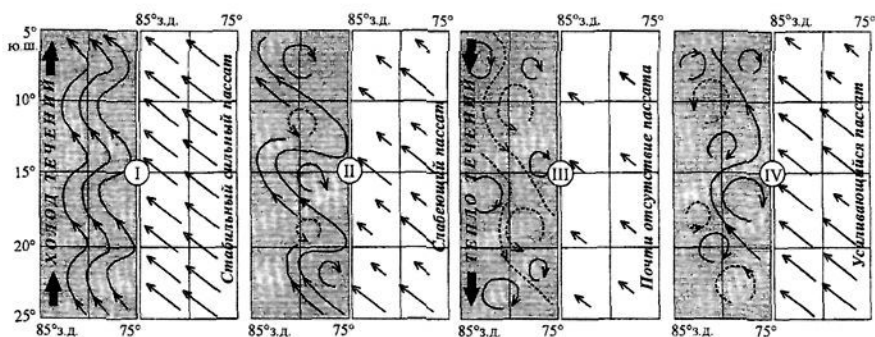


Рисунок 2 - Основные характерные ситуации (I, II, III и IV) развития процессов в океане (левая затененная сторона) и атмосфере (правая сторона). Прямыми большими и малыми стрелками на правой стороне (атмосфера) показано ветровое поле юго-восточного пассата. Волнообразные непрерывные линии на левой стороне (океан) изображают меандрирующее Перуанское течение (прибрежное и океаническое); волнообразные пунктирные линии – Перуано-Чилийское противотечение. Полузамкнутые овальные линии со стрелками демонстрируют циклонические (сплошные линии) и антициклональные (пунктирные линии) вихри Перуанской системы течений. Широкими черными стрелками обозначен доминирующий водный перенос в устойчивых ситуациях I и III.

Представлены описания максимально усиленного и максимально ослабленного режимов общей циркуляции океана и атмосферы, приведены структурные блок-схемы прямых и обратных связей между основными метеорологическими и океанологическими компонентами качественной модели.

Одновременно предлагаются по существу те же блок-схемы, но уже видоизмененные отдельно для атмосферы и океана с тем же набором процессов в той и другой среде. Наглядность композиционного размещения каждого из этих элементарных процессов в четырех крупных структурных блоках и для атмосферы, и для океана позволяет более четко представлять текущее состояние, аргументировано проводить мониторинг и логически выходить на качественное предвидение последующего развития природных событий и явлений.

Подчеркивается, что разработанная модель описывает поведение океана и атмосферы как колебательную систему между экстремальными режимами высокой и низкой интенсивности процессов. Режимы, по сути, представляют собой противоположные пространственно-временные состояния устойчивости, когда среднее состояние устанавливается редко.

Указано также, что в модели заложена принципиальная возможность мониторинга важнейших процессов и явлений, возможность нахождения среди них доминирующих и угасающих, т.е. способность реально оценивать состояние региональной системы “океан-атмосфера”.

Если рассмотренные режимы есть крайние состояния устойчивости системы, то, будучи открытой, она постоянно испытывает внешние и внутренние воздействия по всем пространственно-временным шкалам. Следовательно, существуют неустойчивые переходные состояния системы, функционирование подсистем и компонентов которой дает представление о сценарии дальнейшего развития, т.е. в рамках модели можно и нужно получать определенную прогностическую информацию.

Показана сопряженность разных режимов циркуляции с состоянием биологической продуктивности. Использовались расчеты и карты распределения ДПЭ, а также результаты деятельности рыболовного флота за период отечественного экспедиционного промысла в ЮВТО (промыслово-статистические данные среднемесячного, осредненного по одноградусным квадратам, общего вылова в тыс. т.).

В тропическом и субтропическом поясе ЮВТО раздел между областями с запасом и дефицитом ДПЭ зимой располагается гораздо мористее - на расстоянии до 300-400 миль в сравнении с летним его положением, будучи в согласии с особенностями усиленного и ослабленного режима океанической циркуляции. Это вполне отражает сезонность промысла за пределами 200-мильной экономической зоны Перу, что одновременно иллюстрирует благоприятные условия нереста при максимально развитом апвеллинге и существенном запасе ДПЭ океанических вод (июль-сентябрь), а также неблагоприятные при дефиците ДПЭ (январь-март).

Для умеренного пояса ЮВТО, наоборот, характерна круглогодичная возможность поддержания высокой биологической продуктивности и, как следствие, эффективного промысла вне зависимости от режимов циркуляции. Делается вывод что, и дивергенция, и конвергенция, как главная особенность района Субтропического океанического фронта, действуя и при режиме усиленной циркуляции, и при ослабленной, более всего ответственны за интеграцию благоприятных условий формирования здесь повышенной продуктивности. В качестве подтверждения обращается внимание на процесс перераспределения ДПЭ через фронтальные синоптические вихри системы Южно-Тихоокеанского течения, непрекращающийся при любом режиме циркуляции. Тем не менее, массовый нерест рыбы в южных широтах происходит, сообразуясь, все же, с

наиболее благоприятным сезонным сроком (ноябрь-март) в период ослабленного режима циркуляции, когда запас ДПЭ в три раза больше, чем при усиленном режиме.

На основе разработанной качественной модели дано описание возможного сценария развития природных процессов в регионе до 2010 г. С учетом рассмотренной многовариантности феноменологических событий представлено суждение о сроках возможного наступления очередного катастрофического Эль-Ниньо не ранее 2008-2010 гг.

Восьмая глава освещает реализацию комплексного подхода к диагнозу и прогнозу явления Эль-Ниньо.

Обращается внимание, что динамические условия эволюции области повышенного атмосферного давления в субтропиках, интенсивность, местоположение и площадь основных гребней ЮТА, воздействуют также на тропическую и умеренную климатические зоны. Поэтому формирование в ЮВТО обширного шлейфа юго-восточного пассата, сезонные и межгодовые его особенности существенно зависят от местоположения географического центра антициклона, его интенсивности.

В свою очередь, это вызывает адекватную реакцию океана, в котором активность или ослабленность Перуано-Чилийской системы течений и противотечений, стимулируемой, соответствующим ветровым полем, определяет дальнейшее развитие региональной системы “океан-атмосфера”, включая, естественно, и аномальный его ход (Эль-Ниньо).

Признано обоснованным из набора важнейших атмосферных факторов, насыщающих созданную качественную модель развития процессов, остановиться на ЮТА и выбрать его морфометрические характеристики: атмосферное давление, широту и долготу географического центра. Для этой цели использовался массив фактических среднемесячных данных за период 1949-2003 гг. На базе этого массива прогностические значения каждого из трех показателей ЮТА на период 2004-2061 гг. по нашей просьбе были получены А.Е. Антоновым (Санкт-Петербург, ГосНИОРХ) на основе разработанной Д.И. Якушевым (Санкт-Петербург, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева) программы, учитывающей полигармоническое представление исходного ряда и использующей соответствующий математический аппарат. Методические аспекты программы были неоднократно и успешно апробированы, что нашло отражение в ряде публикаций (Антонов и др., 1997; Антонов, Якушев, 1998, 1999; Якушев, 2000).

Нами графически проанализировано и прокомментировано распределение вышеуказанных характеристик ЮТА для двух крайних по сезонам в каждом году месяцев –

марта и сентября за период с 1949 по 2003 гг. - фактические данные и до 2061 г. – прогностические для тех же месяцев.

Выбранные месяцы представляют собой периоды статистически средних для южного полушария критических фаз: в первом случае (март) – ослабленного режима летней атмосферной циркуляции, во втором случае (сентябрь) – усиленного режима зимней циркуляции.

Обнаружено преобладание противофазности давления в марте и сентябре на рассматриваемом 54-летнем ряду наблюдений.

Однако обращает на себя внимание существование тенденции хода среднемесячных значений давления быть в одной фазе в годы Эль-Ниньо. Более четко такая тенденция проявляет себя в периоды катастрофических событий Эль-Ниньо, прежде всего, Эль-Ниньо 1982-1983 и 1997-1998 гг. При этом для марта просматривается определенная периодичность в чередовании лет со сравнительно высоким и низким атмосферным давлением в центре ЮТА. Периодичность эта укладывается, примерно, в 13-летние циклы. Для сентябрьских значений атмосферного давления смена периодов с относительно высоким и низким давлением чаще всего происходит через шесть лет.

Максимальная противофазность значений давления для марта и сентября наблюдается в годы, предшествующие катастрофическим Эль-Ниньо.

По аналогии с межгодовым анализом фактического и прогностического атмосферного давления в центре ЮТА расшифрованы и проанализированы графики положения широты и долготы его центра. Были получены близкие результаты прогноза Эль-Ниньо на перспективу первых десятилетий текущего века (Яковлев, Бендик, 2006).

Выполненный анализ временных графиков фактических и прогностических показателей ЮТА с учетом двух моделей позволил предложить возможное “расписание” - прогноз катастрофических, сильных и слабых Эль-Ниньо на первую половину XXI века (таблица).

Показано, что совмещение в одном исследовании двух разных подходов к изучению природы повышает надежность анализа, достоверность диагноза и, тем самым, расширяет перспективы состоятельности сделанного сверхдолгосрочного прогноза. Весьма близкое совпадение прогностических сроков Эль-Ниньо разной интенсивности при анализе трех выбранных параметров ЮТА убеждают в правильности оценок развития системы "океан-атмосфера" в целом.

Таблица - Прогноз Эль-Ниньо ЮВТО на первую половину XXI века

Осредненные характеристики ЮТА						Годы Эль-Ниньо		
Pa, гПа		φ°, ю.ш.		λ°, з.д.		катастро- фические	сильные	слабые
март	сентябрь	март	сентябрь	март	сентябрь			
1019	1023	36	31	86	91	2010-2012		
1021	1023	36	31	92	98		2018-2020	
1022	1025	35	33	96	100			2013-2014
1019	1024	34	30	88	92	2023-2025		
1021	1023	34	30	94	94		2032-2034	
1021	1024	32	32	100	96			2028-2029
1020	1023	36	28	96	100	2042-2044		
1021	1023	34	28	88	88		2050-2052	
1021	1025	32	32	98	96			2046-2047
1019	1025	36	32	94	98			2055-2056

В заключении кратко сформулированы основные результаты исследований.

1. Определены и структурированы наиболее важные компоненты региональной системы “океан-атмосфера” ЮВТО. Показан физический механизм формирования юго-восточной ячейки антициклопального вращения воздушных и водных масс. При этом для атмосферы характерно тесное взаимодействие ЮТА, внутритропической зоны конвергенции, циркуляции Уолкера и Гадлея, юго-восточного пассата и др.; для океана - экваториальной, перуанской, южно-тихоокеанской системы течений, а также формирующиеся в них фронтогенез, апвеллинг, мсандры, синоптические вихри и др.

2. Реконструированы механизмы взаимного влияния доминирующих факторов в океане и атмосфере ЮВТО с использованием концепции логической модели гидрометеорологического мониторинга, в частности, выделены четыре наиболее характерные гидрометеорологические ситуации, две из которых устойчивы, а две неустойчивы в различных пространственно-временных масштабах.

3. Разработана общая для океана и атмосферы качественная региональная модель, которая легко преобразуется в подобную модель отдельно для океана и атмосферы с набором все тех же компонентов, участвующих, как в двух экстремальных режимах циркуляции, так и в двух переходных. Модель позволяет оценивать конкретные гидрометеорологические ситуации, как благоприятные, так и неблагоприятные для биологической продуктивности.

4. Поимание физической сущности природных процессов в ЮВТО принципиально позволяет с помощью качественной модели предвидеть конкретные гидрометеорологические ситуации. На основе двух моделей – концептуальной качественной и математической полигармонической - предложено возможное “расписание” Эль-Ниньо на первую половину XXI века.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Цыганов, В.Ф. Распределение доступной потенциальной энергии и особенности динамики вод Перуанского района / В.Ф. Цыганов, А.Б. Бендик // Океанологические факторы в промысловом прогнозировании: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1984. - С. 66-74.

2. Бендик, А.Б. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование продуктивных зон Юго-Восточной части Тихого океана / А.Б. Бендик, В.Ф. Цыганов, В.Н. Чур, В.И. Яковлев // Биологические основы промыслового освоения открытых районов океана. - М.: Наука, 1985. - С. 49-56.

3. Цыганов, В.Ф. Принципы логической модели прогнозирования развития гидрометеорологических процессов в районах ЮВТО / В.Ф. Цыганов, А.Б. Бендик // Проблемы краткосрочного прогнозирования и управления флотом на промысле: тез. докл. 2-го Всесоюз. совещ. - Калининград, 1985. - С. 155-157.

4. Цыганов, В.Ф. Характерные черты взаимодействия океана и атмосферы тропической зоны Юго-Восточной части Тихого океана в годы Эль-Ниньо / В.Ф. Цыганов, А.Б. Бендик // Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и Юго-Восточной части Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1986. - С. 38-45.

5. Бендик, А.Б. Пространственная характеристика нереста перуанской ставриды (*Trachurus murphyi*) в связи с межгодовым распределением доступной потенциальной энергии открытых вод Юго-Восточной части Тихого океана / А.Б. Бендик, Г.П. Рудометкина // Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и Юго-Восточной части Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1988. - С. 79-91.

6. Рудометкина, Г.П. Распределение и питание перуанской ставриды (*Trachurus murphyi*) в раннем онтогенезе / Г.П. Рудометкина, Л.Г. Гардина, Г.З. Галактионов, А.Б. Бендик // Экологические рыбохозяйственные исследования в Атлантическом океане и

Юго-Восточной части Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1988. - С. 50-67.

7. Бендик, А.Б. Природные особенности формирования промысловых скоплений рыбы в открытых водах Перуанского района зимой-весной 1989 г. и тенденция развития океанических процессов / А.Б. Бендик // Экологические рыбохозяйственные исследования в южной части Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1991. - С. 81-86.

8. Бендик, А.Б. Океанологические предпосылки концентраций нерестовой ставриды в океанических водах Южно-Чилийского региона, основанные на распределении доступной потенциальной энергии / А.Б. Бендик // Экологические рыбохозяйственные исследования в южной части Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1991. - С. 86-92.

9. Бендик, А.Б. Океанологические предпосылки формирования промысловых скоплений ставриды ЮВТО / А.Б. Бендик // Тез. докл. IX Междунар. конф. по промысловой океанологии. - М.: ВНИРО, 1993. - С. 9-10.

10. Бендик, А.Б. Доступная потенциальная энергия вод, как абиотический показатель биологической продуктивности Юго-Восточной части Тихого океана / А.Б. Бендик // Тез. докл. IX Всероссийской конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. Мурманск, 1999. С. 27-29.

11. Бендик, А.Б. Принципы мониторинговой океанологической модели в южной части Тихого океана / А.Б. Бендик // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2000-2001 гг. Т. 1. Атлантический океан и Юго-Восточная часть Тихого океан: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 2002. - С. 20-26.

12. Чухлебов, Г.Е. Глава 9. Южная часть Тихого океана / Г.Е. Чухлебов, А.Б. Бендик // Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и южной части Тихого океана / под ред. В.Н. Яковлева; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 2002. - С. 171-195.

13. Бендик, А.Б. Взаимодействие океана и атмосферы южной части Тихого океана (0-50° ю.ш.) как абиотическая основа формирования биологической продуктивности / А.Б. Бендик, В.Н. Яковлев // Материалы XIII Междунар. конф. по промысловой океанологии; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 2005. - С. 38-42.

14. Бендик, А.Б. Возможный сценарий развития гидрометеорологических условий и биологической продуктивности в тропическо-субтропическом поясе Юго-Восточной части Тихого океана / А.Б. Бендик, В.Н. Яковлев // Вопросы промысловой океанологии. Выпуск 2. - М.: ВНИРО, 2005. - С. 172-188.

15. Бендик, А.Б. Качественная модель взаимодействия океана и атмосферы в юго-восточном секторе Тихого океана / А.Б. Бендик, В.Н. Яковлев // Вопросы промысловой океанологии. Выпуск 2. - М.: ВНИРО, 2005. - С. 152-171.

16. Бендик А.Б. Особенности режима атмосферной и оксанической циркуляции и биологическая продуктивность тропиков-субтропиков (5-25°ю.ш.) Юго-Восточной части Тихого океана / А.Б. Бендик, В.Н. Яковлев // Материалы XIII Междунар. конф. по промысловой океанологии; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 2005. - С. 42-46.

17. Яковлев, В.Н. О возможности прогноза Эль-Ниньо в Юго-Восточной части Тихого океана в первой половине XXI века / В.Н. Яковлев, А.Б. Бендик // М.: Рыбное хозяйство, 2006, № 4. - С. 37-39.



Заказ 724
Объем 1,3 п.л.

Подп. в печать 07.12.06
Тираж 100

Формат 60x84/16
Бесплатно

236000, г. Калининград, АтлантНИРО, ул. Дм. Донского, 5, тел. 215645