

БЕСПЛАТНО

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи
УДК 551.46 + 551.51

УГРИМОВ Александр Иванович

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ В УМЕРЕННЫХ
ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

(Специальность 11.00.08 - океанология)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Ленинград
1987

К

Работа выполнена в Ленинградском гидрометеорологическом институте.

Официальные оппоненты:

доктор географических наук Залман Маркович ГУДКОВИЧ
(Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт),

доктор физико-математических наук Сергей Сергеевич
ЛАШКО (Государственный океанографический институт),

доктор географических наук Викторина Федоровна СУХОВЕИ
(Одесский гидрометеорологический институт).

Ведущее учреждение – Институт океанологии им. П. П. Ширшова
АН СССР.

Защита диссертации состоится "27" октября 1987 г.
в 14 час. 00 мин. в заседании Специализированного Совета

по присуждению
Ленинградском г

Адрес инст
проспект, дом 9

С диссерт
градского гидр

Авторефер
Ваш отзыв
направлять в Л

Ученый
Специализ
кандидат

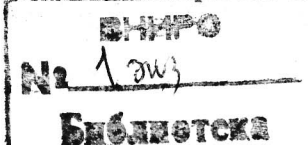
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Физической основой моделирования и прогноза долгопериодной изменчивости океана и атмосферы являются процессы взаимодействия между ними. К настоящему времени сложились два направления в изучении крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы – теоретическое и эмпирическое. В активе теоретического направления имеется ряд математических моделей системы океан – атмосфера, которые достаточно точно описывают ее климатические особенности. Использование таких моделей для описания нестационарных процессов, для диагноза и прогноза аномалий циркуляции океана и атмосферы длительностью от месяца до полугодия встречается с большими трудностями, но именно эти сроки относятся к характерным масштабам долгосрочных гидрометеорологических прогнозов.

Опыт исследований показывает, что эмпирические (физико-статистические) модели взаимодействия океана и атмосферы одновременно выступают как эффективное средство изучения нестационарных крупномасштабных процессов и как форма практической реализации научных достижений (схемы прогноза). Однако до настоящего времени физико-статистические модели процессов в океане и атмосфере (доведенные до количественного уровня) строились раздельно, что снижало их физическую адекватность.

Актуальность данной работы заключается в том, что в ней предложена совместная физико-статистическая модель формирования сезонных аномалий температуры Атлантического океана, циркуляции атмосферы и погоды в Евразии.

Выбор района исследования связан с тем, что длительные гидрометеорологические процессы в атлантико-европейском регионе являются результатом работы относительно автономного меха-



низма взаимодействия океана и атмосферы, представляющего собой планетарную тепловую машину II рода по В.В.Шулейкину.

Цель и задачи исследования. Цель настоящего исследования - создание совместной физико-статистической модели нестационарных тепловых и динамических процессов в океане и атмосфере атлантико-европейского сектора северного полушария для сезонного масштаба осреднения.

Для достижения данной цели поставлены и решены следующие основные научные и практические задачи:

1. Определение информативных районов Атлантического океана, т.е. районов с преобладанием крупномасштабной изменчивости температуры воды и усиленного теплообмена между океаном и атмосферой.

2. Изучение пространственно-временной структуры крупномасштабных колебаний температуры воды в Северной Атлантике и возможных механизмов крупномасштабной изменчивости океана.

3. Исследование процессов формирования сезонных аномалий температуры воды в информативных районах Северной Атлантики (оценки влияния геострофической адвекции тепла в океане, радиационного притока тепла к деятельному слою, динамического и теплового воздействия атмосферы на образование аномалий).

4. Построение схемы сезонного прогноза аномалии температуры воды в норвежском информативном районе Северной Атлантики с заблаговременностью несколько месяцев.

5. Исследование влияния температурных аномалий океана в информативных районах Северной Атлантики на формирование аномалий циркуляции атмосферы в атлантико-европейском секторе северного полушария.

6. Оценка роли Атлантического океана в возникновении аномалий температуры воздуха и экстремальных условий погоды на Европейской территории СССР и в Западной Сибири.

Основные результаты работы.

1. Разработана физико-статистическая модель крупномасштабного взаимодействия Атлантического океана и атмосферы для сезонного масштаба осреднения. Модель состоит из двух блоков - гидрологического и атмосферного, в которых содержатся статистические зависимости, описывающие процессы формирования аномалий температуры воды в энергоактивных зонах Северной Атлантики и влияния этих аномалий на формирование аномалий циркуляции и погоды в западной части Евразии.

2. Установлено, что в совместной физико-статистической модели океана и атмосферы связи с большим запаздыванием характерны только для гидрологического блока, что обусловлено большой тепловой инерцией океана и переносом аномалий течениями. Инерционные свойства атмосферы в масштабе сезона практически не проявляются. На этом основании сформулирован принцип последовательного прогноза крупномасштабных процессов в океане и атмосфере: для прогноза погоды с большой заблаговременностью необходим предварительный прогноз температуры воды в энергоактивных зонах океана. Данный принцип следует из естественной последовательности формирования аномалий в океане и атмосфере.

3. Предложен метод выделения информативных районов океана - районов преобладания крупномасштабных колебаний температуры воды и повышенного теплообмена между океаном и атмосферой. Выделены норвежская и ньюфаундлендская информативные области Северной Атлантики, близкие к соответствующим энерго-

активными зонам океана (ЭАЗО).

4. Исследована пространственно-временная структура крупномасштабных колебаний аномалии температуры поверхности воды (ΔT_w) в умеренных широтах Северной Атлантики. Основной квазирегулярной формой долгопериодной изменчивости ΔT_w являются колебания с нестационарным периодом от 7 до 16 мес., не связанные с годовым ходом и проявляющиеся наиболее отчетливо в системе теплых течений. Проанализированы возможные механизмы формирования данной цикличности.

5. Предложена физико-статистическая модель формирования длительных аномалий ΔT_w в энергоактивных зонах (информативных районах) Северной Атлантики. Выявлена роль процессов адвекции тепла течениями, теплообмена между океаном и атмосферой, штормового перемешивания деятельного слоя и поглощения океаном солнечной радиации в различные сезоны года и в разных географических условиях. Предложенная модель описывает около 70% дисперсии средних сезонных значений ΔT_w в норвежской ЭАЗО и 40-50% дисперсии ΔT_w в ньюфаундлендской ЭАЗО, где велика роль мезомасштабной динамики.

6. На основании анализа важнейших факторов формирования ΔT_w в ЭАЗО разработан метод фонового прогноза значений ΔT_w в Норвежском море для зимнего (I-IV) и летнего (V-Х) периодов с заблаговременностью от 2 до 4 мес. Оправдываемость прогнозов 70%.

7. Предложена физико-статистическая модель формирования аномалий атмосферной циркуляции в Евразии под влиянием теплового состояния Атлантического океана (ΔT_w) в ньюфаундлендской и норвежской ЭАЗО, которая позволяет описать 45-60% дисперсии поля H_{500} в зоне от 50° з.д. до 90° в.д. (в нели-

нейном варианте модели уровень статистических связей повышается примерно на 30%). Установлено, что реакция атмосферы на ΔT_w выражается в образовании длинных квазистационарных волн, фаза которых определяется знаком ΔT_w в ЭАЗО. Связь аномалий ΔT_w с аномалиями атмосферной циркуляции наиболее тесная в основные сезоны года. В переходные сезоны повышается относительная роль других факторов формирования длительных атмосферных аномалий.

8. Выявлены типовые синоптические ситуации и соответствующие им типовые формы распределения аномалии температуры воздуха на Европейской территории СССР, возникающие вследствие теплового взаимодействия Атлантического океана и атмосферы. В зимнем сезоне температурные аномалии на континенте формировались полностью или частично под воздействием теплового режима океана в норвежской ЭАЗО в 85% всех исследованных лет. В летнем сезоне аномалии температуры воздуха связаны с тепловым состоянием океана лишь в 62% исследованных лет. Характер погоды в остальные годы определяется процессами динамического взаимодействия тропосферы и стратосферы.

Применение типовых ситуаций позволяет подойти к долгосрочному прогнозу погоды на основании закономерностей взаимодействия океана и атмосферы, в том числе характерных комплексов погоды - атмосферных засух и избыточного увлажнения.

Научная новизна работы. Физико-статистическая модель крупномасштабного взаимодействия Атлантического океана и атмосферы, описывающая процессы формирования длительных аномалий одновременно в океане и в атмосфере, построена впервые. Большинство научных результатов не имеет аналогов.

Практическая значимость работы.

1. На основании моделирования долгопериодной изменчивости предложен и обоснован принцип последовательного долгосрочного прогнозирования аномалий состояния океана и атмосферы.

2. Предложен метод долгосрочного прогноза зимних и летних аномалий температуры воды в норвежской ЭАЭО с заблаговременностью 2-4 мес., который используется в практической работе АтлантНИРО.

3. Оценен вклад крупномасштабного теплового взаимодействия Атлантического океана и атмосферы в процессы формирования летних и зимних аномалий температуры воздуха и характерных комплексов погоды на Европейской территории СССР. Соответствующие типовые синоптические ситуации и статистические зависимости могут служить основой для включения океана как одного из важнейших факторов в комплексные методы долгосрочного прогноза погоды.

Фактический материал и методы его обработки:

Привлечен обширный материал, описывающий гидрометеорологические процессы в Атлантическом океане и атмосфере в 1948-1983 гг. Используются массивы данных по температуре поверхности океана: пятиградусные квадраты за 1957-1983 г., стационарные суда погоды за 1948-1973 гг. Привлечены данные по облачности с метеорологических спутников в сетке $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ за 1966-1983 гг. и аналогичные данные судов погоды с 1948 по 1973 гг. Используются наземные и аэрологические данные (температура и давление воздуха, геопотенциал изобарических поверхностей) в сетке $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ в зоне $30-80^{\circ}$ с.ш. за 1957-1983 гг.

Для обработки и анализа данных использованы методы мате-

матической статистики: спектральный, корреляционный, регрессионный анализы. Степень достоверности статистических зависимостей во всех случаях подтверждается расчетом доверительных пределов полученных характеристик. Обработка материалов производилась на современных ЭВМ.

Публикации и апробация работ.

Результаты диссертации изложены в 2 монографиях и 26 статьях. Монографии "Тепловой режим океана и долгосрочные прогнозы погоды" (1981 г.) и "Квазидвухлетняя цикличность весенне-летней циркуляции атмосферы (1971 г.)" полностью принадлежат автору. Из 26 статей по теме диссертации 16 написаны в соавторстве, в каждой из которых вклад автора является определяющим. Результаты работы изложены также в учебном пособии "Долгосрочные метеорологические прогнозы" (1985 г.).

Положения и выводы диссертации неоднократно докладывались на семинарах и заседаниях Ученых советов ЛПМИ и Гидрометцентра СССР, на семинарах по программе "Разрезы" при ОБМ АН СССР (ГКНТ), на методическом совете АтлантНИРО, на семинарах ИОАН и ГОИН.

Полностью работа докладывалась на расширенных заседаниях Кафедры динамики океана - ЛПМИ (1986, 1987 гг.), на объединенном семинаре по гидродинамическим долгосрочным прогнозам и моделированию короткопериодных колебаний климата в системе атмосфера - океан, по морским гидрологическим прогнозам, по синоптическим и физико-статистическим методам долгосрочных прогнозов погоды Гидрометцентра СССР (1986 г.), на семинаре по гидродинамике геофизических течений при ЛО ИОАН (1986 г.), на семинаре отдела взаимодействия океана и атмосферы ААНИИ (1987), на семинаре отдела динамической метеорологии ГГО

(1987), на семинаре лаборатории гидрологических процессов Физического сектора ИОАН (1987), на кафедре океанологии ЛГУ (1987).

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 195 стр. текста, 65 рисунков, 17 таблиц, список литературы из 275 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В в е д е н и е

Во введении показана актуальность темы диссертации, ее связь с практическими приложениями закономерностей взаимодействия океана и атмосферы, сформулированы цели и задачи работы, показана научная новизна результатов, кратко охарактеризовано содержание глав.

Г л а в а I. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

В этой главе на основе анализа установленных к настоящему времени закономерностей взаимодействия океана и атмосферы формулируются основные принципы и структура физико-статистической модели, намечаются пути ее разработки, обосновывается выбор района исследования и анализируются имеющиеся данные.

I.1. Факторы долгопериодной изменчивости океана и атмосферы

Долгопериодные колебания температуры воды в океане являются следствием теплового и динамического взаимодействия океана

на и атмосферы. К динамическим факторам относятся штормовое перемешивание деятельного слоя, апвеллинг и адвекция тепла течениями. Тепловые факторы - колебания радиационного баланса, явного и скрытого теплообмена между океаном и атмосферой.

Большинство перечисленных факторов влияет на формирование долгопериодной изменчивости температуры океана только в определенные сезоны года. Существование в океане устойчивой картины течений и распределения водных масс создает предпосылки к тому, что даже в пределах одного сезона года различные факторы формирования температуры воды будут по-разному выражены в разных частях акватории океана. Эта важная особенность изучена еще недостаточно.

В соответствии с физическими особенностями усвоения солнечной энергии системой Земля - атмосфера, неадиабатические источники и стоки энергии тропосферы подразделяются на верхние и нижние. Верхние источники (стратомезоферная циркуляция и вулканический аэрозоль) являются второстепенными, нижние источники (океаны, континенты, морские льды) - основными. Среди основных неадиабатических факторов циркуляции тропосферы ведущее место принадлежит тепловому состоянию океана, который является источником подавляющей части тепловых запасов тропосферы и одновременно - главным фактором длительных аномалий атмосферной циркуляции и погоды.

I.2. Масштабы взаимодействия океана и атмосферы

Рассмотрено соотношение между процессами взаимодействия различного масштаба и предложены способы представления мелко-масштабных процессов через характеристики крупномасштабной циркуляции атмосферы. Важно отметить, что данный прием повы-

шает практическую значимость исследований взаимодействия океана и атмосферы, т.к. используются стандартные, оперативно определяемые параметры.

Мелкомасштабный обмен теплом характеризуется температурой воздуха T_a или индексами атмосферной циркуляции по А.Л.Кацу (J_3, J_M, J'). Обосновано также представление мелкомасштабных потоков тепла температурой поверхности океана T_w . Оба подхода к параметризации не исключают друг друга, т.к. предназначены для решения разных задач.

В целях исследования влияния радиационных процессов на температуру верхнего слоя океана используется представление поглощенной радиации и эффективного излучения через общее количество облачности S .

Для описания процессов динамического взаимодействия океана и атмосферы (штормовое перемешивание деятельного слоя, апвеллинг) предложена одна из характеристик завихренности поля атмосферного давления - лапласиан $\nabla^2 p_0$.

1.3. Энергоактивные зоны Мирового океана

Концепция энергоактивных зон позволяет существенно конкретизировать исследования в области взаимодействия океана и атмосферы и долгосрочных гидрометеорологических прогнозов. Энергоактивные зоны оказываются такими геофизическими объектами, в которых суммарный эффект мелкомасштабного обмена энергией порождает крупномасштабные изменения в системе океан-атмосфера. Это переходное звено между процессами разного масштаба. В связи с этим рассмотрены ЭАЗО Северной Атлантики, учет которых необходим в разрабатываемой физико-статистической модели.

1.4. Глобальные механизмы взаимодействия океана и атмосферы

Рассмотрена концепция планетарных тепловых машин, которая позволяет разбить в целом очень сложную систему океан - атмосфера на ряд сравнительно простых глобальных механизмов взаимодействия. Устанавливается объект исследования в данной работе - квазирегулярное звено общей циркуляции океана и атмосферы, являющееся атлантико-европейской планетарной тепловой машиной II рода. Цель работы - изучение внутренней динамики данного механизма.

Проанализированы работы, в которых предложены механизмы формирования аномалий режима океана и атмосферы в масштабе полушария (Я.Бьеркнес, К.Виртки, А.И.Дуванин, В.Г.Корт, Г.П.Курбаткин, М.А.Петросянец) и в масштабе отдельных широтных зон, особенно в атлантико-европейском секторе полушария (Дж.Немайес, В.Г.Семенов и др.). Приведены эмпирические подтверждения данных механизмов и их проверка на численных моделях. Сделаны выводы относительно их полноты и адекватности реальным процессам.

Анализ процесса трансформации воздушных масс над океаном в средних широтах позволил выбрать наиболее информативную характеристику циркуляции атмосферы, которую следует применять при физико-статистическом исследовании крупномасштабного теплового взаимодействия. Такой характеристикой является относительная топография 500-1000 гПа (от $\frac{500}{1000}$), которая зависит от средней температуры слоя, а, следовательно, от интенсивности тепловой трансформации атмосферы над океаном. В модели используется величина H_{500} , поскольку в атлантико-европейском

секторе северного полушария, вплоть до Восточной Сибири, когерентность локальных колебаний N_{500} и N_{1000} весьма велика.

1.5. Структура физико-статистической модели крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы (принципы, этапы исследований и материалы)

Модель состоит из двух основных блоков - гидрологического, в котором рассматриваются процессы формирования аномалий температуры верхнего слоя океана, и атмосферного блока, где исследуется тепловое влияние океана на возникновение аномалий атмосферной циркуляции и погоды. На рис. I дана структура модели и связи между ее элементами.

В гидрологическом блоке теплосодержание верхнего квазигоризонтального слоя океана (ВКС) представлено как функция составляющих его теплового баланса: радиационного баланса R , турбулентного теплообмена с атмосферой в явном Q_p и скрытом Q_{LE} виде, адвекции тепла течениями Q_A и теплообмена с нижележащими слоями воды Q_H .

В атмосферном блоке отражено влияние температуры нижнего пятикилометрового слоя тропосферы, подверженного тепловой трансформации над океаном ($OT_{500}^{ок.}$), на характеристики циркуляции в средней тропосфере над океаном ($N_{500}^{ок.}$), а затем и над континентом ($N_{500}^{конт.}$).

Атмосферный и гидрологический блоки связаны между собой, причем характерное время влияния океана на атмосферу t_1 и атмосферы на океан t_2 существенно разное ($t_2 \gg t_1$). Это означает, что все инерционные процессы системы океан - атмо-

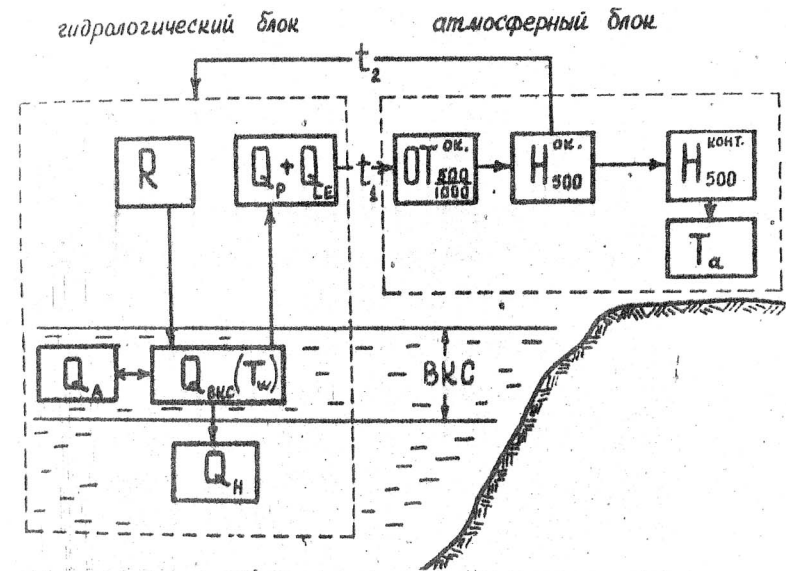


Рис. I. Структура модели крупномасштабного взаимодействия Атлантического океана и атмосферы

сфера содержатся в гидрологическом блоке, атмосферный блок почти безынерционный. В результате этого важнейшего качества системы океан-атмосфера прогноз состояния атмосферы на длительные сроки становится возможным только при наличии предварительного прогноза тепловых аномалий в океане.

Исследование свойств модели проводилось отдельно для каждого сезона года, т.к. режим работы планетарных тепловых машин II рода сильно зависит от времени года. В связи с этим определено и обосновано понятие сезона года, который в данной работе принят равным 2 месяцам.

Географическая локализация процессов взаимодействия, выраженная в наличии энергоактивных зон, диктует необходимость поиска "ключевых" районов океана, положение которых зависит не только от установленных к настоящему времени особенностей энергообмена между океаном и атмосферой, но и от конкретных задач исследования. Поэтому предварительные исследования по модели заключались в определении информативных районов океана.

На рис.2 приведена общая схема исследований, направленных на построение физико-статистической модели. В ней указаны три основные задачи работы, процессы взаимодействия океана и атмосферы, которые следует изучить для решения поставленных задач, крупномасштабные параметры, характеризующие указанные процессы, научные и практические результаты работы.

В заключении главы рассмотрены натурные данные, положенные в основу исследования, и способы расчета применяемых параметров.

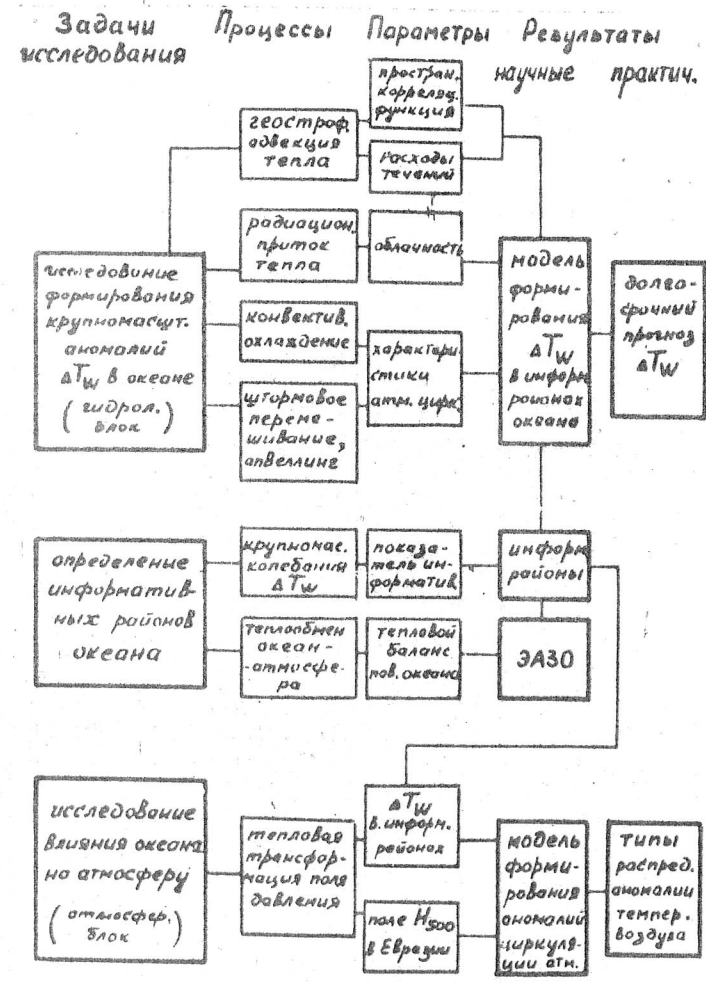


Рис.2. Схема исследования крупномасштабного взаимодействия Атлантического океана и атмосферы

Глава П. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

2.1. Информативные районы Северной Атлантики

Физико-статистическое изучение взаимодействия океана и атмосферы, заключается в проведении совместного статистического анализа крупномасштабных колебаний состояния океана и атмосферы.

Для атмосферы задача расчета характеристик крупномасштабной циркуляции по стандартным данным не представляет труда, поскольку атмосферные поля изотропны. Анализ статистической структуры поля температуры океана показывает, что крупномасштабные колебания температуры охватывают не все районы океана и распространяются в некоторых вполне определенных направлениях. Это связано с большой пространственной устойчивостью крупных особенностей океанической циркуляции (течения, фронты, водные массы). Температурное поле океана существенно анизотропно. Следовательно, необходимо определить информативные районы, в которых локальные колебания температуры воды имеют крупномасштабный характер, т.е. отражают наиболее общие для океана закономерности формирования температурного режима. В информативных районах должен отмечаться также усиленный теплообмен между океаном и атмосферой, т.е. условия энергоактивной зоны. При соблюдении этих двух условий информативные районы могут считаться областями, в которых формируются основные аномалии теплового режима океана и осуществляется наиболее действительное влияние этих аномалий на атмосферную циркуляцию в соответствии с концепцией энергоактивных зон.

В работе предложен метод определения информативных райо-

нов, в котором в целях объективности не используются какие-либо гипотезы о происхождении температурных аномалий в океане, он основан на статистическом анализе полей аномалии температуры воды и климатических полей теплового баланса поверхности океана.

Предложены два варианта показателей информативности:

$$J_k = -\frac{1}{\sigma_k} R_k, \quad J_k^B = J_k \frac{B_k}{\bar{B}},$$

где σ_k - среднее квадратическое отклонение температуры воды в точке k , R_k - коэффициент корреляции локальных (в точке k) и крупномасштабных изменений температуры воды на всей акватории океана, B_k и \bar{B} - локальное и среднее по океану значение теплового баланса поверхности. Показатели информативности J_k и J_k^B рассчитывались для каждого месяца года по массивам данных о ΔT_w за 20-25 лет.

Расчет показателей информативности по данным о ΔT_w в пятиградусных квадратах и в точках дрейфа судов погоды показал, что информативные районы океана расположены в зоне распространения теплых течений Северной Атлантики (Северо-Атлантического и Норвежского) и близки к Ньюфаундлендской (районы А1 и А2) и норвежской (районы Н2 и Н3) энергоактивным зонам (рис.3). Положение информативных районов свидетельствует о большой роли взаимодействия океана и атмосферы в ЭАЗО и адвекции тепла течениями в формировании крупномасштабных аномалий температуры воды.

2.2. Структура колебаний температуры воды

Для изучения временных закономерностей крупномасштабных колебаний температурного поля Северной Атлантики ряды средних месячных значений аномалии температуры поверхности воды (ΔT_w) в районах А1, А2, Н2 и Н3 были подвергнуты спектральному анализу. В спектрах ΔT_w помимо тренда можно выделить два энергонесущих диапазона. Первый из них включает в себя периоды колебаний, равные 32,3 мес. (А1) и 25,0 мес. (А2, Н3). В пределах изучаемого района Северной Атлантики данные колебания описывают не более 18% суммарной дисперсии ΔT_w , т.е. они проявляются довольно слабо. Зона максимального проявления квазидвухлетних колебаний лежит в южной части океана (40-45° с.ш.). Это вполне соответствует современным взглядам на природу квазидвухлетних циклов.

Второй диапазон энергонесущих частот выражен более отчетливо и включает периоды 14,3 мес. (А1), 11,1 мес. (А2, Н2), 9,5 мес. (А1) и 9,1 мес. (Н3). Поскольку указанные здесь периоды близки к годовому, был сделан вторичный расчет спектров нормированных на $\sigma(T_w)$ аномалий температуры в информативных районах, который подтвердил предыдущие результаты и показал, что обнаруженные крупномасштабные колебания ΔT_w не связаны с годовым ходом.

Существование в Северной Атлантике колебаний температуры воды, близких к одному году, но не связанных с обычными сезонными изменениями термического режима океана, отмечалось и ранее.

Анализируя результаты работ различных авторов по проявлениям интересующей нас цикличности колебаний ΔT_w и материалы данной работы, можно заметить следующие особенности:

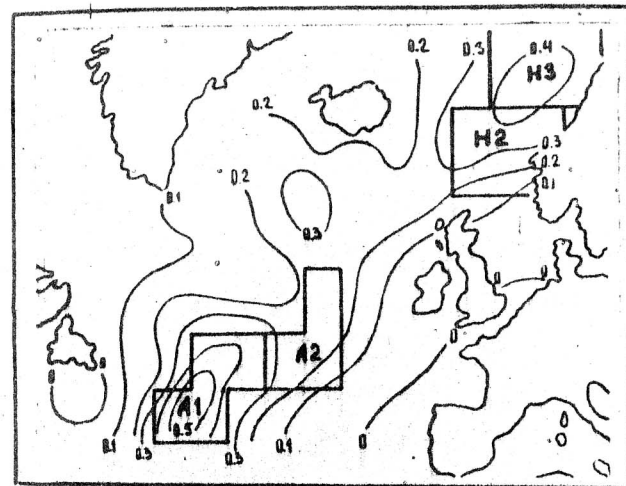


Рис.3. Показатель информативности J_k^B в среднем за год и положение информативных районов Северной Атлантики

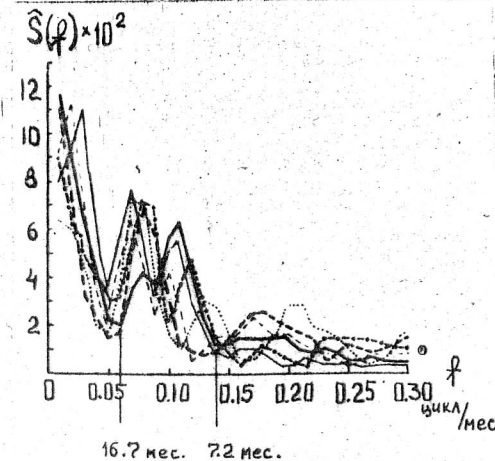


Рис.4. Спектральная плотность колебаний аномалии температуры воды в отдельных районах Северной Атлантики

1. Периоды выявленных колебаний в принципе отличаются несущественно, во всяком случае, они принадлежат одному достаточно узкому диапазону изменчивости ΔT_w (рис.4).

2. Результаты различных авторов были получены на основании разного по характеру материала (пятиградусные квадраты, квадраты Смита, суда погоды) и для временных рядов разной длительности.

3. Подробный анализ рядов ΔT_w , проведенный в настоящем исследовании, показал, что средний период колебаний в данном случае складывается из индивидуальных циклов продолжительностью от 7 до 16 мес.

На этих основаниях сделан вывод, что в данном случае мы имеем дело с природным процессом, у которого значительно меняется период. Приведенные в разных работах средние значения периодов колебаний ΔT_w являются выборочными оценками периода одного и того же циклического процесса, квазипериодический характер которого отчетливо обнаруживается в отдельных реализациях.

Обнаруженные крупномасштабные колебания ΔT_w наиболее выражены вдоль Северо-Атлантического и Норвежского течений и в центрально-атлантической водной массе, которая этими течениями переносится к северу. Здесь данные колебания описывают до 35% суммарной дисперсии ΔT_w (около 40% приходится на тренд). Менее мощные очаги соответствуют также районам течений: Лабрадорского и Восточно-Исландского. Связь областей максимального проявления колебаний ΔT_w 7,2-16,7 мес. с основными течениями северной части Атлантического океана свидетельствует о большей роли адвекции тепла в их формировании.

2.3. Механизмы крупномасштабной изменчивости

Для выявления причин формирования крупномасштабных колебаний температуры воды большое значение имеет связь данных колебаний с системой главных течений северной части Атлантического океана. В работах автора, где крупномасштабные колебания анализировались на основании данных судов погоды, была предложена адвективная модель их формирования, которая является модификацией известной схемы взаимодействия океана и атмосферы А.И.Дуванина. Анализ некоторых характеристик поля ΔT_w показал, что колебания ΔT_w с переменным периодом от 8,2 до 10,0 мес. (в среднем 9,6 мес.) происходят в противофазе южнее и севернее гидрологического фронта Северо-Атлантического течения. Это приводит к существованию двух основных типов распределения крупных очагов аномалии температуры по акватории.

Для подтверждения такой схемы развития аномалий температуры в Северной Атлантике оценивалась пространственная корреляция полей аномалий ΔT_w , причем центрами корреляции последовательно брались все 60 пятиградусных квадратов. Наилучшие результаты в смысле подтверждения схемы А.И.Дуванина получились для месяцев с июня по ноябрь и центра корреляции в центрально-атлантической водной массе.

Единственным противоречием между нашими представлениями о крупномасштабной эволюции поля температуры Северной Атлантики и схемами А.И.Дуванина является значительное различие в преобладающих периодах колебаний: по Дуванину характерное время полного цикла смены аномалий составляет 3-5 лет. Реальность многолетней цикличности колебаний температуры воды в Северной Атлантике не позволяет игнорировать ее в моделях крупномасштабной изменчивости. В данной работе существование

многолетней цикличности объясняется суперпозицией 9,6-месячного и обычного годового периодов колебаний, которая приводит к возникновению биений амплитуды колебаний ΔT_w . Периоды биений заключены в пределах от 3,1 до 4,8 года.

Причиной формирования крупномасштабных колебаний ΔT_w в Северной Атлантике по концепции А.И.Дуванина являются автоколебания в системе океан - атмосфера. Однако колебания ΔT_w в Северо-Атлантическом течении могут быть вызваны и динамикой большого антициклонического круговорота. По В.В.Шулейкину температурные аномалии, возникающие в кольце течений, период обращения которого около 14 мес., имеют период около 7 лет и представляют собой биения, выражающиеся в переменных амплитудах годового хода температуры. Следовательно, здесь также рассматривается суперпозиция годового и 14-месячного периодов изменчивости температуры. Обосновать какую-либо из рассмотренных моделей формирования нестационарности океанической циркуляции пока трудно. В данной работе установлена кинематическая схема развития колебаний температуры воды с периодами от 7,2 до 16,7 мес. Для построения физической модели их формирования исследований северной части Атлантического океана недостаточно, необходим подробный анализ циркуляции и термики всей Северной Атлантики, поскольку и в модели Дуванина, и в модели Шулейкина аномалии ΔT_w являются следствием меридиональной адвекции тепла из тропических районов.

Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗОНАХ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

В данной главе рассмотрены статистические связи ΔT_w в

ньюфаундлендской (районы А1 и А2) и в норвежской (Н2 и Н3) ЭАЭО с параметрами, отражающими факторы формирования долгопериодной изменчивости температурного поля океана. Предложена физико-статистическая модель формирования ΔT_w .

3.1. Адвекция температурных аномалий

Адвективные изменения температуры воды в ньюфаундлендской и норвежской ЭАЭО особенно важны, т.к. обе зоны расположены в области интенсивных теплых течений. Одним из наиболее надежных показателей режима течений является объемный расход воды вычисленный на основании гидрологических разрезов через Гольфстрим и Северо-Атлантическое течение (данные ОДО ГОИН). Анализ расходов Q за 1971-1978 гг. показал, что изменения Q имеют явно выраженный циклический характер, как и крупномасштабные колебания ΔT_w ; причем периоды отдельных циклов колебаний расходов и температуры воды совпадают. Следовательно, динамический режим Гольфстрима и Северо-Атлантического течения также испытывает колебания с периодом 7-16 мес. Это обстоятельство приводит к существованию связей между тепловым и динамическим режимами океана в ньюфаундлендской ЭАЭО, которые описывают влияние динамики течений (Q) на формирование аномалий ΔT_w в районах А1 и А2. Анализ данных связей позволил установить, что адвективные аномалии ΔT_w в системе теплых течений возникают вследствие циклических колебаний расхода Гольфстрима с периодами от 7 до 16 мес. и распространяются из района ньюфаундлендской энергоактивной зоны (район А1) на всю систему теплых течений.

Анализ Q и ΔT_w показал довольно сильную зависимость связи между ними от сезона года. Роль адвекции в формировании

ΔT_w в Ньюфаундлендской ЭАЗО достаточно велика лишь в холодном полугодии.

Исследование влияния адвекции тепла на аномалии ΔT_w в норвежской ЭАЗО проведен с помощью метода взаимно-корреляционного анализа ΔT_w . Использовалась только та часть дисперсии ΔT_w , которая связана с крупномасштабными циклическими колебаниями температурного поля, имеющими периоды от 7 до 16 мес., т.е. изучалась связь этих колебаний с океанической циркуляцией.

Оценка взаимной корреляции аномалии температуры воды в исходных квадратах $\Delta T_w^{исх}(t)$, лежащих в дельте Гольфстрима, с аномалиями температуры воды в остальных квадратах, лежащих вдоль системы теплых течений $\Delta T_w^n(t+\tau)$, где n - номер квадрата, проводилась отдельно для каждого месяца года t и нескольких временных сдвигов τ . Установленное смещение пространственных максимумов взаимно-корреляционной функции из исходного района в Норвежское море со скоростью около 25 см/с свидетельствует о существовании адвекции крупномасштабных аномалий ΔT_w в Северо-Атлантическом течении. Наиболее четкая адвекция ΔT_w (смещение максимумов корреляционной функции) проявляется в основные исходные сезоны года t , в переходные сезоны преобладают другие факторы изменчивости. Значения корреляционной функции ($r = 0,5-0,7$) и большие сдвиги по времени τ позволяют использовать найденные закономерности в схемах прогноза ΔT_w . В связи с существованием крупномасштабных циклических колебаний ΔT_w и переносом очагов аномалий ΔT_w течениями выделяются два основных типа пространственного распределения очагов ΔT_w в системе теплых течений, соответствующие противоположным фазам развития крупномасштаб-

ных колебаний ΔT_w . В начале цикла Ньюфаундлендская ЭАЗО занята аномалией $\Delta T_w > 0$, а норвежская ЭАЗО - аномалией $\Delta T_w < 0$. Постепенно, примерно в течение 5 мес., очаг $\Delta T_w > 0$ переносится Северо-Атлантическим течением в Норвежское море, а в Ньюфаундлендской ЭАЗО образуется область $\Delta T_w < 0$. Возникает противоположный начальному тип распределения ΔT_w . Между основными типами достаточно длительное время наблюдается переходное состояние поля ΔT_w , которое менее определено и устойчиво, чем основные типы.

Полученные в данном разделе результаты могут быть полезны для изучения внутригодовой динамики Северо-Атлантического течения. Основная струя Северо-Атлантического течения, которая определяет адвекцию крупномасштабных аномалий температуры воды, имеет тенденцию к середине гидрологической зимы (февраль) отходить к югу на 600-650 км от своего наиболее северного положения в конце осени и в предзимье (XI-XII). Летом течение занимает промежуточное положение.

Эффекты дрейфовых течений в Ньюфаундлендской и норвежской энергоактивных зонах не оценивались, т.к. влияние дрейфовых течений на температуру поверхности воды в масштабах сезона здесь незначительно. Адвективные изменения температуры определяются, в основном, режимом геострофических течений.

3.2. Эффекты аномалий радиационного режима поверхности океана

Среди локальных факторов формирования теплового состояния верхнего слоя океана наиболее значительным следует признать радиационный режим поверхности. Сопоставление аномалий общего количества облачности (ΔS) и аномалий ΔT_w в

информативных районах показало, что между ними существует достаточно тесная статистическая связь ($\tau = -0,7, -0,8$), проявляющаяся только в теплом полугодии. Значительную сезонность статистических связей можно объяснить годовым ходом радиационного баланса и толщины верхнего квазиоднородного слоя в умеренных широтах океана. Именно летом, когда радиационный баланс поверхности океана максимален, а толщина квазиоднородного слоя минимальна, аномалии облачности и радиационного баланса могут эффективно влиять на теплосодержание верхнего слоя океана и, следовательно, на температуру его поверхности.

Эффективность облачности как предиктора в схемах долгосрочного прогноза ΔT_w определяется динамикой океана в точке прогноза. Для увеличения заблаговременности прогноза ΔT_w по ΔS в динамически активных районах океана следует привлекать данные по облачности над достаточно большой акваторией, учитывая направление генерального переноса водных масс. Наилучшим материалом для решения поставленной задачи являются наблюдения за облачностью с метеорологических спутников. На основании этих данных для каждого информативного района Северной Атлантики (A1, A2, H2, H3) была рассчитана серия взаимно-корреляционных матриц, которые отражают статистические связи сезонных значений $\Delta T_w(t+\tau)$ в данном районе и сезонных значений $\Delta S(t)$ во всех узлах сетки, покрывающей акваторию Северной Атлантики. Связи между $\Delta S(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ для Ньюфаундлендской ЭАЭО оказались довольно слабыми, т.к. эта зона находится на границе двух глобальных областей с различной формой взаимосвязей "облачность - температура воды". Для норвежской ЭАЭО установлено, что влияние облачности на радиационный баланс океана и температуру его верхнего слоя в весен-

не-летних сезонах осуществляется в центральных районах Северной Атлантики, откуда сформировавшиеся аномалии ΔT_w переносятся в норвежскую энергоактивную зону системой теплых течений. Образующийся при этом временной сдвиг $\tau = 4$ мес., позволяет включать найденные связи в схемы долгосрочного прогноза ΔT_w .

3.3. Влияние теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы

Для представления процессов взаимодействия океана и атмосферы, влияющих на образование аномалий температуры воды (ΔT_w) в информативных районах Северной Атлантики, были предложены два показателя режима атмосферной циркуляции: индексы циркуляции, характеризующие интенсивность теплообмена на границе океан-атмосфера, и лапласиан давления, отражающий циклоническую деятельность, с которой связаны динамические эффекты - штормовое перемешивание деятельного слоя моря и апвеллинг.

Тепловой режим океана в Ньюфаундлендской ЭАЭО (районы A1 и A2) наиболее тесно связан с изменениями зональности атмосферной циркуляции (ΔJ_3). Полученные статистические связи выражены исключительно в холодный период года (значимые коэффициенты корреляции) и имеют отрицательный знак, т.е. при усилении зональности атмосферной циркуляции ($\Delta J_3 > 0$) уменьшается температура воды ($\Delta T_w < 0$). Атлантическая информативная область расположена таким образом, что при усилении западного переноса увеличивается частота холодных вторжений воздушных масс Северной Америки на этот район океана, и усиливается конвективное охлаждение верхнего слоя океана.

При уменьшении зональности ($\Delta J_3 < 0$) теплообмен океана и атмосферы уменьшается, а температура воды увеличивается ($\Delta T_w > 0$).

Связи $\Delta J_3(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ оценены и для норвежской ЭАЗО, где также они наиболее тесные в холодную часть года. Следует отметить, что при двухмесячном масштабе осреднения максимум корреляции $\Delta J_3(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ приходится на сдвиг $\tau = 0$, т.е. тепловое взаимодействие изменяет температуру верхнего слоя океана за сроки меньше принятого масштаба осреднения, что затрудняет применение закономерностей теплового взаимодействия в долгосрочном прогнозе ΔT_w .

Для характеристики интенсивности штормового перемешивания деятельного слоя предложен лапласиан поля атмосферного давления $\nabla^2 P_0$.

С целью выявления статистических связей между $\nabla^2 P_0$ и температурой воды в океане были рассчитаны и проанализированы взаимно-корреляционные матрицы аномалий $\nabla^2 P_0(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ для районов А1 и А2 (6 точек расчета $\nabla^2 P_0$) и I4 матриц для районов Н2 и Н3 (7 точек расчета $\nabla^2 P_0$). Анализ матриц показал, что в норвежской информативной области статистические связи между аномалиями $\nabla^2 P_0(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ очень слабы. В Ньюфаундлендской ЭАЗО, напротив, данный процесс проявляется весьма заметно. Коэффициенты корреляции $\nabla^2 P_0(t)$ и $\Delta T_w(t+\tau)$ достигают здесь - 0,70, но при $\tau = 0$.

Данный механизм формирования аномалий ΔT_w является одним из основных в теплое время года (У-УІ, УІІ-УІІІ, ІХ-Х), когда хорошо выражена двухслойная структура деятельного слоя океана, особенно тесные связи отмечаются для сезона У-УІ.

Это объясняется благоприятными для развития штормового перемешивания условиями: относительно мелкое залегание слоя скачка и небольшие вертикальные градиенты температуры в нем. Преобладание синхронных связей ($\tau = 0$), что вполне соответствует физическим представлениям о механизме штормового перемешивания, затрудняет использование данного процесса в схемах долгосрочного прогноза ΔT_w .

3.4. Физико-статистическая модель формирования сезонных аномалий температуры воды

В данном разделе анализируется суммарный эффект воздействия всех исследованных факторов на формирование аномалий ΔT_w в различные сезоны года.

В табл. I видно, какую часть дисперсии сезонной аномалии ΔT_w в информативных районах океана определяет воздействие каждого из факторов. Величина, выражающая часть (процент) дисперсии получена по соотношению $D_i = r^2(\Delta T_w, \Delta X_i) \cdot 100$, где $r(\Delta T_w, \Delta X_i)$ - коэффициент корреляции между аномалией ΔT_w в данном информативном районе и аномалией влияющего фактора ΔX_i .

Значения $r(\Delta T_w, \Delta X_i)$ взяты из соответствующих взаимно-корреляционных матриц, причем для каждого информативного района и сезона года значения $r(\Delta T_w, \Delta X_i)$ выбирались с учетом характерного сдвига по времени и физически определенного знака корреляции. В сезонах первой половины года (I-VI) ведущими факторами являются теплообмен и адвекция, в меньшей степени - штормовое перемешивание. В сезонах второй половины года (VII-XII) - поглощение солнечной радиации деятельным слоем океана и адвекция.

Таблица I

Влияние локальных факторов и адвекции тепла в постоянных течениях на формирование сезонных аномалий температуры воды (ΔT_w) в информативных районах Северной Атлантики (в %% дисперсии ΔT_w)

Район	Фактор	сезон					
		I-II	III-IV	V-VI	VII-VIII	IX-X	XI-XII
A1	Солнечная радиация	15			38	15	
	Теплообмен	20	30				12
	Штормов. перемешивание			48	12		
	Адвекция	30				30	30
A2	Солнечная радиация				13	28	
	Теплообмен	12	32	14			
	Штормов. перемешивание					28	
	Адвекция	32				32	32
H2	Солнечная радиация			18	44	66	25
	Теплообмен	23	14				
	Штормов. перемешивание			28			
	Адвекция	49	14	37	20		30
H3	Солнечная радиация	12		26	46	16	50
	Теплообмен	28			12		
	Штормов. перемешивание			13			
	Адвекция	30	14	37	20		30

Физико-статистическая модель описывает температурные условия в норвежской энергоактивной зоне (H2) полнее, чем в ньюфаундлендской (A1). В течение большей части года, с мая по декабрь, показатель $D = \sum D_i$ в норвежской зоне на 13-35% выше аналогичного показателя ньюфаундлендской зоны. В среднем это превышение составляет 21%. Следовательно, модель для ньюфаундлендской зоны должна включать какие-то дополнительные факторы помимо исследованных. Одним из таких факторов является, по нашему мнению, взаимодействие водных масс в зоне гидрологического фронта Гольфстрима, который проходит через район A1 и обуславливает появление здесь мезомасштабной составляющей колебаний ΔT_w , не учтенной в модели.

В целом за год, сезонные температурные аномалии в ньюфаундлендской зоне описываются физико-статистической моделью на 40-50%, т.е. значительную часть дисперсии ΔT_w модель объясняет. В норвежской энергоактивной зоне она позволяет объяснить около 70% дисперсии температуры. В сочетании с наличием асинхронных статистических связей это придает разработанной модели прогностическую значимость.

3.5. Фоновый прогноз аномалии температуры воды в норвежской энергоактивной зоне

Метод прогноза аномалий ΔT_w в Норвежском море (район H2) на летний и зимний периоды разработан на основе данных физико-статистической модели, в которой выделены два фактора, определяющие ΔT_w с некоторой заблаговременностью: адвекция аномалий ΔT_w в Северо-Атлантическом течении и аномалии радиационного режима океана, выраженные через облачность.

Общая схема прогноза приведена на рис.5. Прогнозируется средняя аномалия температуры воды $\Delta \bar{T}_w$ (H2) в Норвежском море на летний (УП-Х) и зимний (I-IV) периоды. Предикторами являются нормированная разность ΔT_w между районами А1 и Н2 $[\Delta T_w(A1-H2)/\sigma(A1-H2)]$ и аномалии общего количества облачности в средней части Северо-Атлантического течения ΔS . Прогнозируются изменения ΔT_w в Норвежском море $\delta \Delta T_w$ (H2), а затем - средние аномалии $\Delta \bar{T}_w$ (H2). В кружках даны номера прогностических зависимостей по тексту диссертации. Заблаговременность прогноза на лето 2 мес., на зиму - 4 мес.

Средняя оправдываемость прогноза знака ΔT_w по данным 1958-1983 гг, составила $\rho = 0,41$ (70%), относительная ошибка $\epsilon = 1,00$. Таким образом, практические возможности предло-

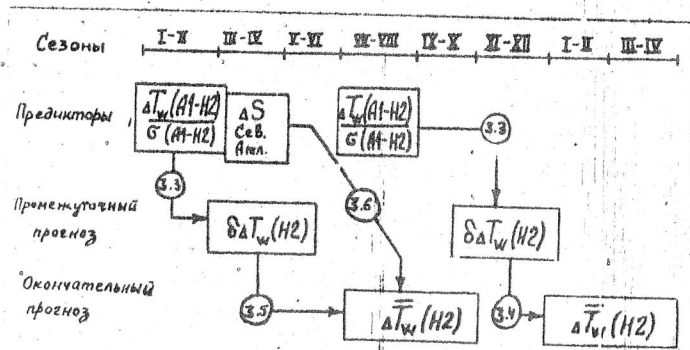


Рис.5. Принципиальная схема прогноза аномалий температуры воды в норвежской энергоактивной зоне на летний (УП-Х) и зимний (I-IV) периоды

женного в работе подхода к анализу формирования сезонных аномалий температуры воды в энергоактивных зонах заключаются в

долгосрочном прогнозе знака этих аномалий, т.е. в фоновом прогнозе ΔT_w . Такое положение отражает общий уровень наших знаний о длительных тепловых процессах в океане, по крайней мере, в районах большой изменчивости, каковыми являются энергоактивные зоны.

Глава IV. ТЕПЛОЕ ВЛИЯНИЕ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ И ПОГОДЫ

В данной главе рассматриваются результаты исследований по обоснованию атмосферного блока физико-статистической модели крупномасштабного взаимодействия Атлантического океана и атмосферы.

4.1. Аномалии атмосферной циркуляции

В настоящем разделе анализируются общие закономерности крупномасштабного теплового взаимодействия атмосферы и океана на основе анализа статистических связей между аномалией температуры воды (ΔT_w) в информативных районах северной части Атлантического океана и аномалией геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа в атлантико-европейском секторе северного полушария (ΔH_{500}).

В целях обоснования атмосферного блока физико-статистической модели крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы исследовались следующие особенности статистических связей между ΔT_w и ΔH_{500} :

- 1) влияние временного осреднения данных (масштаба процессов) на уровень и характер статистических связей;
- 2) зависимость уровня статистических связей от временного сдвига τ между процессами в океане (t) и атмосфере

ре ($t + \tau$);

3) пространственная реакция атмосферы на аномалии температуры воды;

4) зависимость уровня статистических связей от сезона года;

5) вклад температуры океана (теплового взаимодействия) в суммарную изменчивость ΔH_{500} .

Получены следующие основные результаты:

1. Влияние аномалий температуры воды в энергоактивных зонах Северной Атлантики (ΔT_w) на структуру поля давления в тропосфере (ΔH_{500}) нелинейно возрастает по мере увеличения масштаба временного осреднения процессов в океане и атмосфере от 1 до 6 мес. Данная закономерность является количественным подтверждением существования процесса адаптации атмосферной циркуляции к тепловому состоянию океана или увеличения относительной роли внешних источников тепла в формировании циркуляции атмосферы при увеличении временного масштаба процессов. Понятие адаптации было предложено А.С.Мониним и Ю.В.Николаевым. Выявлен оптимальный интервал осреднения данных при анализе крупномасштабного теплового взаимодействия - два месяца (сезон).

2. Для сезонного (двухмесячного) масштаба осреднения данных наиболее тесными и физически обоснованными статистическими связями между ΔT_w и ΔH_{500} являются синхронные связи. Это объясняется особенностями процесса теплового влияния океана на атмосферу: теплосодержание атмосферы, ее температура и барическое поле реагируют на изменения потоков тепла от подстилающей поверхности в течение нескольких суток; осреднение процессов за сезон сводит время реакции атмосферы к нулю.

3. Реакция атмосферной циркуляции на аномалии температуры воды в энергоактивных зонах Северной Атлантики выражается в том, что непосредственно вблизи энергоактивной зоны, происходит аномальное повышение (при $\Delta T_w > 0$) или понижение (при $\Delta T_w < 0$) геопотенциала H_{500} , что связано с аномальным теплообменом между океаном и атмосферой. Эта область реакции атмосферы является основной и по своим размерам относится к крупномасштабным образованиям (несколько тыс. км). К востоку от основной области формируется вторичная, изменения H_{500} в которой противоположны (рис.6).

По пространственным масштабам и волновой структуре возмущения поля геопотенциала, обусловленные тепловым влиянием океана, можно отнести к проявлениям длинных волн в атмосфере. Аномалии температуры воды в ньюфаундлендской и норвежской энергоактивных зонах Северной Атлантики вызывает смещение климатических ложбин и гребней давления вдоль круга широты, т.е. изменяют фазу квазистационарных длинных волн. Тепловое влияние Атлантического океана на атмосферную циркуляцию распространяется на восток примерно до 90° в.д., т.е. осуществляется на пространстве первого естественного синоптического района.

4. Воздействие аномалий температуры воды на атмосферную циркуляцию проявляются наиболее отчетливо в основные сезоны года: предзимье (XI-XII), зима (I-II), первая и вторая половины лета (У-УІ и УІІ-УІІІ). В переходных сезонах весны (III-IV) и осени (IX-X) связи между ΔT_w и ΔH_{500} слабее, т.к. повышается относительная роль других факторов формирования длительных аномалий состояния атмосферы (снежный покров, влажность почвы, морские льды).

5. Исследование линейных статистических связей между

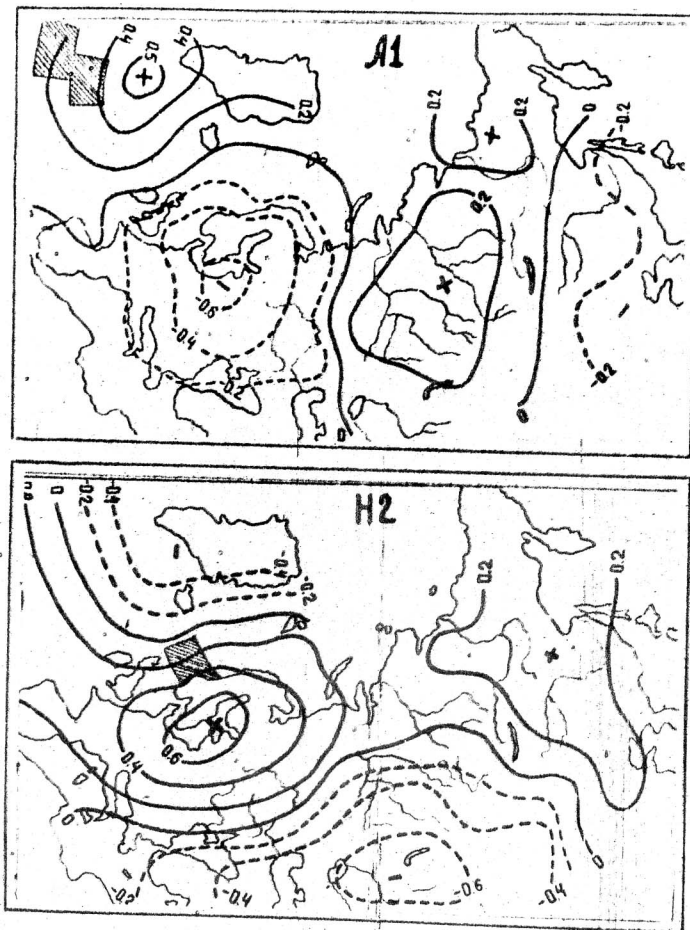


Рис. 6. Коэффициенты корреляции аномалий температуры воды в информативных районах А1 и А2 и значений ΔH_{500} в Евразии. Сезон зимы (I-II). Информативные районы заштрихованы

ΔT_w и ΔH_{500} показывает, что в сезонах, когда осуществляется наиболее мощное тепловое влияние океана на атмосферу, изменения в энергоактивных зонах океана объясняют от 45 до 60% дисперсии сезонных полей H_{500} в очагах максимальной реакции атмосферы. Учет нелинейных эффектов в физико-статистической модели теплового взаимодействия океана и атмосферы позволяет улучшить физическое качество модели (ее адекватность) и повысить уровень статистических связей между ΔT_w и ΔH_{500} примерно на 30%.

4.2. Крупномасштабные аномалии погоды

Аномалии температуры воды в энергоактивных зонах Северной Атлантики вызывает формирование в атмосфере атлантико-европейского сектора северного полушария достаточно типичных синоптических ситуаций и сопутствующих им аномалий температуры воздуха, т.е. процессы крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы являются постоянно действующим (не уникальным) фактором образования аномалий погоды.

Сезонные аномалии циркуляции атмосферы и температуры воздуха, наблюдаемые в Западной Европе, на Европейской территории СССР и в Западной Сибири, определяются, в основном, процессами взаимодействия океана и атмосферы в норвежской энергоактивной зоне (если не рассматривать других факторов). Влияние ньюфаундлендской зоны выражается в том, что она только усиливает или ослабляет аномалии, сформированные процессами взаимодействия в норвежской зоне.

Типовые синоптические ситуации, возникающие вследствие влияния на атмосферу аномалий температуры океана, приводят к формированию характерных комплексов погоды на Европейской

территории СССР. В первой половине лета (V-VI) при $\Delta T_w < 0$ в норвежской энергоактивной зоне на ЕТС отмечаются средние и слабые по распространению засухи; если одновременно $\Delta T_w < 0$ в Ньюфаундлендской зоне, отмечаются сильные засухи. При $\Delta T_w > 0$ в норвежской зоне на ЕТС (в сезоне (V-VI)) преобладает избыточное увлажнение.

4.3. Аномалии температуры воздуха в западной половине СССР

Исследовалось формирование региональных особенностей температурного поля тропосферы (приземная температура воздуха) при различных типах распределения ΔT_w в норвежской энергоактивной зоне (район H2).

За исследованный ряд лет (1957-1982 гг.) зимние аномалии температуры воздуха на Европейской территории СССР, в Западной Сибири, Казахстане и Средней Азии (сезон I-II) формировались полностью или частично под воздействием теплового режима норвежской энергоактивной зоны в 85% случаев. Наиболее четко связь аномалий температуры воздуха зимнего сезона (I-II) с аномалиями температуры воды в Норвежском море проявляется на северо-западе ЕТС, на юге Западной Сибири и в восточной половине Казахстана.

Температурные аномалии летнего сезона (VI-VIII) связаны с тепловым состоянием океана лишь в 62% всех исследованных лет, погодообразующие процессы в 38% случаев не связаны с тепловым взаимодействием океана и атмосферы.

Работы автора, посвященные динамическому взаимодействию тропосферной и стратосферной циркуляции позволили выдвинуть и обосновать гипотезу о связи этой "остаточной дисперсии"

летних синоптических процессов со сроками весенней перестройки стратосферной циркуляции. Для дальнейшего подтверждения этого механизма необходимо комплексное изучение системы стратосфера-тропосфера-подстилающая поверхность.

Практическое значение результатов исследования атмосферного блока физико-статистической модели заключается в следующем:

1. Предложен и обоснован принцип последовательного долгосрочного прогноза теплового состояния океана в ЭАЗО, а затем - циркуляции атмосферы и погоды, который отражает физические закономерности крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы.

2. Полученные типовые синоптические ситуации, отражающие аномалии термического режима Северной Атлантики в ЭАЗО, а также статистические связи экстремальных явлений погоды и ΔT_w могут служить основой методики включения океана в комплексные методы долгосрочного прогноза погоды.

В данной работе не ставилась задача разработки метода прогноза погоды, поскольку исследован лишь один из совокупности факторов ее длительных изменений. Данная задача должна решаться на следующем методологическом уровне, предусматривающем создание единой модели океан-континент-атмосфера в масштабе всей Земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведены итоги работы, сформулированы основные научные результаты и практические рекомендации.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

Монографии

1. Угримов А.И. Тепловой режим океана и долгосрочные прогнозы погоды. - Л., Гидрометеоиздат, 1981. - 175 с.
2. Угримов А.И. Квазидвухлетняя цикличность весенне-летней циркуляции атмосферы. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1971, вып.77. - 81 с.

Статьи

1. Угримов А.И. Интенсивность межширотного обмена в стратосфере и весенние перестройки циркуляции. - Метеорология и гидрология, 1968, № 4.
2. Угримов А.И. Весенняя перестройка циркуляции в стратосфере в 1968 г. - Метеорология и гидрология, 1968, № 9.
3. Угримов А.И. Двухлетняя цикличность в тропосфере умеренных широт северного полушария - Метеорология и гидрология, 1968, № 12.
4. Угримов А.И. Квазидвухлетняя цикличность и характер весны в 1970 и 1971 гг. - Метеорология и гидрология, 1971, № 7.
5. Кац А.Л., Угримов А.И. Характерные черты циркуляции атмосферы в апреле-июне 1969 г. на меридиане 30° з.д. северного и южного полушарий. - В сб. "Проблемы циркуляции в атмосфере и гидросфере Атлантического океана", Гидрометеоиздат, 1970.
6. Бугаев В.А., Кац А.Л., Угримов А.И. Двухлетняя цикличность в атмосферной циркуляции. - Тр. Третьей Всесоюзной конференции по общей циркуляции атмосферы. - Л., Гидрометеоиздат, 1972.
7. Угримов А.И., Купянская А.П., Просекина Г.М. Об учете

температуры поверхности океана при составлении месячного прогноза погоды по Северной Атлантике. - Метеорология и гидрология, 1972, № 5.

8. Угримов А.И. О крупномасштабных колебаниях температуры поверхности воды в Северной Атлантике. - Метеорология и гидрология, 1973, № 3.

9. Угримов А.И. О тепловом влиянии океана на атмосферную циркуляцию в Северной Атлантике. - Изв. АН СССР, ФАО, 1974, т.10, № 9.

10. Угримов А.И., Виноградская А.А. Долгосрочный прогноз некоторых характеристик поля температуры поверхности воды Северной Атлантики. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 147.

11. Угримов А.И., Купянская А.П. О некоторых связях между температурой поверхности океана и атмосферной циркуляцией в Северной Атлантике. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 147.

12. Угримов А.И., Купянская А.П. Сезонные особенности влияния океана на атмосферную циркуляцию в пределах Северной Атлантики. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 167.

13. Просекина Г.М., Угримов А.И. Классификация синоптических процессов северной части Атлантического океана по признаку географической локализации длинных волн. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 147.

14. Мусаелян Ш.А., Угримов А.И., Задорожная Т.Н. К вопросу об асинхронных связях между аномалиями облачности над океаном и аномалиями температуры воздуха на континенте. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1976, вып. 177.

15. Мусаелян Ш.А., Угримов А.И., Задорожная Т.Н., Чу-

завкова Н.А. О применении спутниковой информации об облачности в долгосрочном прогнозе погоды. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1977, вып. 192.

16. Угримов А.И. Асинхронные связи месячных аномалий облачности и температуры. - В кн. "О природе некоторых сверхдлительных атмосферных процессов", раздел I.3, Л., Гидрометиздат, 1978.

17. Угримов А.И. Особенности условий погоды на Европейской территории СССР с октября 1974 г. по март 1975 г. - В кн.: "О природе некоторых сверхдлительных атмосферных процессов", раздел 2.1, Л., Гидрометиздат, 1978.

18. Карасев Е.В., Угримов А.И. Крупномасштабные аномалии температуры поверхности воды в Тихом океане. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1981, вып. 241.

19. Карасев Е.В., Угримов А.И. О цикличности колебаний аномалий температуры поверхности воды в Тихом океане. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1981, вып. 241.

20. Смирнов Н.П., Угримов А.И. Исследование крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы в целях долгосрочных прогнозов. - В сб.: "Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства" (ЛГМИ), 1982.

21. Беренбейм Д.Я., Угримов А.И. Пространственно-временная изменчивость температуры воды в системе теплых течений Северной Атлантики. - В кн.: "Океанологические факторы промыслового прогнозирования", 1984, (АтланТИРО).

22. Масловский М.И., Угримов А.И. Численное и физико-статистическое моделирование формирования теплового режима верхнего слоя Северной Атлантики. - "Итоги науки и техники", сер. "Атмосфера, океан, космос - программа "Разрезы", 1985,

т.6. Изд. ВНИТИ.

23. Зубова М.М., Угримов А.И. К вопросу о влиянии облачности на формирование длительных аномалий температуры воды в Северной Атлантике. - Межвед. сб. "Исследование взаимодействия океана и атмосферы в энергоактивных зонах". Изд. ЛПИ (ЛГМИ), 1985.

24. Угримов А.И. Использование особенностей взаимодействия океана и атмосферы в долгосрочных прогнозах погоды. - В кн.: "Долгосрочные метеорологические прогнозы", Л., Гидрометиздат, 1985.

25. Смирнов Н.П., Угримов А.И., Зубова М.М., Тимофеева Н.В. Физико-статистическое изучение теплового режима поверхности океана с целью его прогноза. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума "Оптимизация, прогноз и охрана природной среды", Москва, Всесоюзное географическое общество, 1986.

26. Угримов А.И., Зубова М.М., Тимофеева Н.В. Формирование длительных особенностей температурного поля океана и их прогноз. - Метеорология и гидрология, 1987, № 7.

Подписано в печать 8.05.87.

М -22557. Вак. 4277р.

Объем 2,7 п.л. Тираж 100. Формат бумаги 60x84 1/16. Уч. изд. л. 2,0
Бесплатно.

Рот. тип. ВВМУП им. Ленинского комсомола.