

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ТИХООКЕАНСКИЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Пятин Олег Геннадьевич

УДК 551.583.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА
ОКЕАН-АТМОСФЕРА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ
ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

II.00.08 - океанология

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата географических наук

Владивосток - 1987

Т

Работа выполнена в Дальневосточном ордена Трудового Красного Знамени региональном научно-исследовательском институте Госкомгидромета СССР.

Научный руководитель:

кандидат географических наук, старший научный сотрудник
Покудов В.В.

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, старший научный сотрудник
Богданов К.Т.

кандидат географических наук, старший научный сотрудник
Головастов В.А.

Ведущая организация:

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова

Защита диссертации состоится "20" ноября 1987 г. в 10 час.

на заседании сп
в Тихоокеанском
(690032, Влади

С диссертацией
океанологическо

Автореферат ра:

Ученый секретарь
К003.34.01, ка

кого

.Новожилов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Вопросы разномасштабной пространственной и временной изменчивости процессов теплообмена в системе океан-атмосфера и формирования устойчивых аномалий тепловых потоков на границе раздела двух сред в энергоактивных зонах (ЭАЗО) Мирового океана занимают особое место в решении целого ряда задач метеорологии и физической океанологии. Так, являясь по современным представлениям существенным элементом энергетического баланса системы океан-атмосфера, теплообмен через поверхность не только определяет 90-95% сезонной изменчивости теплосодержания верхнего слоя океана (Barnett, 1981), но и может являться причиной образования длительных аномалий погодных условий. Таким образом, проблема долгосрочного прогноза погоды, выделенная в последние годы в отдельное направление исследований, неразрывно связана с решением ряда вопросов по изучению глобальных и локальных особенностей теплообмена в энергоактивных зонах Мирового океана.

Среди методических задач, стоящих перед информационным обеспечением изучения проблем взаимодействия атмосферы и океана и долгосрочного прогноза погоды, выделяются:

- разработка методологии обработки массовых судовых гидрометеорологических данных, расчет и построение карт бюджета тепла поверхности океана (БТПО) с заданными пространственно-временными масштабами;
- определение границ применимости существующих методов расчета составляющих БТПО при экстремальных синоптических ситуациях;
- исследование возможности осуществления систематического слежения за процессами теплообмена в системе океан-атмосфера применительно к условиям северо-западной части Тихого океана;
- рассмотрение пространственно-временной устойчивости областей

ВНИРО
№ 1215
Библиотека

повышенного теплообмена в ЭАЭО Курисио.

Многие важные вопросы изменчивости БТПО остаются малоизученными как в силу нерешенных перечисленных выше методических вопросов, так и в силу крайней сложности физики процессов теплообмена. Так, для понимания особенностей формирования полей БТПО необходимо знание роли отдельных погодных условий в изменении теплообмена через поверхность, особенно в периоды аномальной атмосферной циркуляции, подобные явлению Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК).

В свете изложенного актуальны исследования, направленные на анализ особенностей пространственной и временной изменчивости потоков скрытого и явного тепла на поверхности СЗ части Тихого океана. Решению этой задачи посвящена данная работа, выполненная в рамках программы ГИИТ 0.74.01, задание 03.01.Н11.

Цель работы заключалась в исследовании пространственной и временной изменчивости процессов теплообмена в СЗ части Тихого океана и выявлении роли океанических и атмосферных процессов в формировании аномалий БТПО на различных масштабах. При этом рассматривались и решались следующие вопросы:

- создание архива гидрометеорологических данных на современных технических носителях (МЛ) по СЗ части Тихого океана за период 1981-1985 гг. и разработка технологической схемы построения среднемесячных полей БТПО, включая программное обеспечение для расчета и архивации этих характеристик;

- исследование вклада короткопериодных колебаний турбулентного теплообмена при различных синоптических условиях в формирование среднемесячных потоков скрытого и явного тепла;

- получение количественных характеристик взаимосвязи потоков тепла на границе раздела двух сред с параметрами, определяющими теплообмен;

- выявление особенностей пространственной и временной изменчивости среднемесячных характеристик результирующего теплообмена;

- исследование взаимосвязи аномалий БТПО с аномалиями тепло-содержания верхнего слоя океана.

Научная новизна. На основе авторских разработок создана и практически реализована для ЕС ЭВМ методологическая схема обработки, расчета и архивации составляющих бюджета тепла поверхности СЗ части Тихого океана. Использование созданного на ее основе архива месячных полей БТПО позволило впервые установить, что в СЗ части Тихого океана формирование аномальных потоков скрытого и явного тепла в холодные периоды года происходит под определяющим влиянием адвекции воздушных масс различного происхождения. Тепловое влияние подстилающей океанической поверхности сведено к минимуму.

Впервые исследованы процессы теплообмена в наиболее динамичном районе СЗ части Тихого океана для условий развитого явления ЭНЮК 1982-1983 гг. Установлено, что в период ярко выраженного явления ЭНЮК 1982-1983 гг. максимальные статистически значимые межгодовые изменения БТПО наблюдались вдоль оси северного субтропического круговорота вод: в припассатной зоне (20-24° с.ш.), над течением Рюкю и над течением Курисио.

Показано, что аномалии теплосодержания верхнего слоя океана (0-100 м) определяются знаком и величиной аномалий БТПО в предшествующий сезон. Данная закономерность получена для района течения Курисио, прилегающего к побережью Японских островов.

Практическая значимость. Разработана и практически реализована технология сбора, обработки судовой гидрометеорологической информации и расчета составляющих БТПО с заданным пространственно-временным разрешением. Полученный в результате этого архив БТПО может быть использован в учреждениях Госкомгидромета СССР как перспективная основа при решении ряда научных задач, связанных с изучением процессов взаимодействия атмосферы и океана. Подобный подход при расчете БТПО может быть реализован и для других районов Мирового океана.

Показана принципиальная возможность долгосрочного прогнозирования одного из важнейших параметров абиотических условий (аномалии теплосодержания верхнего стометрового слоя океана) для района Куроисио.

Фактический материал. В качестве основного материала использованы данные срочных гидрометеорологических наблюдений научно-исследовательских судов ДВНИИ за 1981-1985 гг., включая ежечасные серии, выполненные на полигоне Куроисио в центральные месяцы четырех сезонов (февраль, май, август, ноябрь) по программе "Разрезы", полупутные судовые наблюдения, передаваемые РМЦ Токио в основные синоптические сроки (всего 221350 гидрометеорологических телеграмм), и данные четырех стационарных гидрометеорологических буев Японского метеорологического агентства (№ 21001 - 38°30' с.ш., 145°30' в.д.; № 21004 - 29°00' с.ш., 135°00' в.д.; № 21010 - 32°00' с.ш., 147°00' в.д.; № 22001 - 28°20' с.ш., 126°05' в.д.). Границы исследуемой области: 18-50° с.ш., 120-180° в.д. Расчет среднемесячных составляющих БТПО проводился в узлах регулярной сетки с шагом 4 x 4°. В качестве дополнительной информации для анализа привлекались сведения об аномалиях теплосодержания воды в слое 0-100 м за 1981-1985 гг., климатические данные о характеристиках теплообмена из Атласа теплового баланса океанов (под ред. А.Г. Колесникова, 1970), сведения о формах атмосферной циркуляции и типах синоптических процессов над Восточной Азией (Калачикова, Николаева, 1985), данные повторяемости дней с циклонами в северной части Тихого океана (Воронина, 1986).

Методы исследований. Решение поставленных в работе задач проводилось с использованием традиционных статистических методов. При анализе временной изменчивости гидрометеорологических характеристик использовались корреляционные методы анализа. Достоверность получаемых статистических соотношений оценивалась по общепринятым методикам (Гмурман, 1975; Кеңдалл и Стьюарт, 1976).

Расчеты радиационных и турбулентных составляющих БТПО выполнялись с использованием "Рекомендаций по расчету составляющих радиационного баланса поверхности океана" (Гирдюк и др., 1982) и "Методических указаний. Расчет турбулентных потоков тепла, влаги и количества движения над морем" (Ариель и др., 1981).

Апробация работы. Результаты работы докладывались на семинарах отдела Изучения гидрологических процессов в Мировом океане ДВНИИ (Владивосток, 1981-1987), на семинаре отдела динамической метеорологии ГГО им. А.И. Воейкова (Ленинград, 1983, 1987), на IV Всесоюзной конференции "Мировой океан" (Владивосток, 1983), на II Всесоюзной конференции по программе "Разрезы" (Одесса, 1986), на кафедре океанологии ДВГУ (Владивосток, 1987), на семинаре отдела взаимодействия океана и атмосферы ААНИИ (Ленинград, 1987), на семинаре лаборатории физики океана ГОИНа (Москва, 1987), на VII Всесоюзной конференции по промышленной океанологии (Астрахань, 1987).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Объем работы составляет страниц, включая список литературы из наименований, таблиц, рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи работы, ее новизна и практическая значимость, приведены основные положения, которые выносятся на защиту.

В первой главе диссертации сделан краткий аналитический обзор работ по основным направлениям исследований теплообмена в системе океан-атмосфера, выделены первоочередные задачи, решение которых позволит получить новые сведения об изменчивости процессов теплообмена в СЗ части Тихого океана.

Вторая глава посвящена анализу качества исходной гидрометеорологической информации и методам ее обработки. Рассматриваются во

просы точности расчета среднемесячных составляющих БТПО, температуры воды и воздуха в узлах регулярной сеточной области. Проведено сравнение предложенного в работе методологического подхода к построению полей БТПО с методом, использующим традиционный "климатический" подход, при котором в расчетах теплообмена используются средние значения исходных данных.

Под качеством исходных гидрометеорологических наблюдений понималось выполнение ряда требований, определяемых методами анализа и общей физической достоверности используемых метеозаписей, общепринятых в гидрометеорологии (Груза, Рейтенбах, 1984). Весь используемый архив исходных данных в зависимости от качества информации разбивался на два типа: эталонный, который включал стандартные наблюдения научно-исследовательских судов ДВНИИ, качество которых не подвергалось сомнению, и данные попутных судовых наблюдений, качество которых подвергалось дополнительной оценке и контролю с использованием разработанных для этих целей программных средств. Система контроля и первичной обработки информации реализована на ЕС ЭВМ. В работе рассматриваются качество и объемы попутных судовых наблюдений для различных областей СЗ части Тихого океана.

Детально обсуждаются вопросы методологии построения среднемесячных карт БТПО и делается вывод, что временная неоднородность внутримесячного распределения данных в хорошо обеспеченных информацией районах оказывает незначительное влияние на точность расчета среднемесячных составляющих БТПО.

Пространственное осреднение исходных гидрометеозаписей и рассчитанных срочных значений турбулентных составляющих БТПО выполнялось по формуле (2) в пределах некоторого заданного радиуса с использованием весовой функции вида:

$$w = \begin{cases} R_0 - r_i, & \text{при } r_i < R_0 \\ 0, & \text{при } r_i \geq R_0 \end{cases} \quad (1)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^M A_{ij} (R_0 - r_i)}{\sum_{i=1}^M (R_0 - r_i)}, \quad (2)$$

где A_j – среднее значение параметра в j -ом узле сеточной области;

A_i – исходные измеренные значения параметра в i -ой точке пространства внутри области, ограниченной радиусом R_0 , $i = 1, 2, \dots, M$;

R_0 – радиус осреднения, описываемый вокруг j -го узла сетки, мили;

– расстояние от i -ой точки наблюдения до j -го узла сетки, определяется из соотношения:

$$r_i^2 = (\varphi_j - \varphi_i)^2 + (\lambda_j - \lambda_i)^2 \cdot \cos^2 \left(\frac{\varphi_j + \varphi_i}{2}, 0,017452 \right) \quad (3)$$

где φ_j, λ_j – широта и долгота узла сетки;

φ_i, λ_i – широта и долгота i -ой точки наблюдения в пределах R_0 . Значение R_0 бралось постоянным для всех обеспеченных данными узлов сеточной области и равным четырем градусам дуги экваториального круга. Вследствие этого для всех узловых точек были одинаковыми площади, ограниченные окружностью радиуса R_0 .

В узлах сеточной области одновременно выполнялось и временное осреднение характеристик, так как для каждого из них рассчитывалось среднее из всех значений A_{ij} за заданный промежуток времени. Принятый радиус осреднения (R_0) связан с шагом сетки соотношением (описанная окружность вокруг квадрата со стороной, равной ШС):

$$R_0 = \frac{ШС}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

С учетом определяющего влияния атмосферных синоптических процессов на формирование среднемесячных величин составляющих БТПО и оценок масштабов их пространственной изменчивости, а также исходя из ограниченного объема поступающей информации, была выбрана сеточная область с шагом $4 \times 4^\circ$. В качестве минимального количества исходных данных, необходимых для расчета среднемесячных значений БТПО, было принято 30 наблюдений за месяц в узле сетки. При меньшем их количестве радиус окружности, описываемый вокруг отдельного узла, ав-

томатически увеличивался с шагом, равным 30 миль. При последующем анализе значения параметров в таких узлах принимались к рассмотрению, если они были согласованными с данными в соседних узлах, количественно обеспеченных исходными наблюдениями.

Среднемесячные карты турбулентных и радиационных составляющих БТПО в СЗ части Тихого океана были получены на основе следующей расчетной схемы:

- турбулентные потоки скрытого и явного тепла рассчитывались по срочным значениям гидрометеозлементов в точках наблюдений с последующим стягиванием с помощью весовой функции в узлы сеточной области и осреднением за заданный интервал времени;

- составляющие радиационного баланса на поверхности океана рассчитывались по предварительно приведенным в узлы сетки и осредненным за тот же временной интервал исходным данным наблюдений;

- значение БТПО определялось как результирующее из алгебраической суммы турбулентных и радиационных составляющих теплообмена.

Используемый подход к расчету среднемесячных турбулентных характеристик тепло- и влагообмена позволил корректно учитывать коэффициенты турбулентного обмена C_T и C_e , определенных в "Методических указаниях. Расчет турбулентных потоков тепла, влаги и количества движения над морем" (Ариель и др., 1981) для мгновенных значений потоков скрытого и явного тепла, и избавил от необходимости вводить дополнительные поправки на внутримесячные флуктуации скорости ветра, температуры воды и воздуха, которые становятся весьма существенными при высокой повторяемости штормовых условий в энергоактивных зонах Мирового океана и могут вносить заметный вклад (до 30%) в среднемесячные значения виртуального теплообмена. Предварительное осреднение исходных гидрометеозлементов при расчетах компонентов радиационного баланса позволило в определенной мере учесть их большие внутрисуточные колебания. Основные результаты сравнения двух указанных выше методов можно сформулировать следующим образом:

- при использовании осредненных исходных данных в расчетах БТПО результирующие значения теплообмена были занижены на 20-30% в среднем для ЭАЗО Куроисио, а в очагах интенсивной осенне-зимней теплоотдачи - до 40%;

- эффект занижения абсолютных значений БТПО в наибольшей степени проявлялся, как и следовало ожидать, в пределах очагов интенсивного теплообмена, где наблюдалась высокая повторяемость кратковременных "выбросов" виртуальных потоков тепла при штормовых условиях.

Для оценки точности используемой в настоящей работе схемы пространственно-временного осреднения срочных значений гидрометеозлементов и турбулентных составляющих БТПО в узлы сеточной области проводилось их сравнение с соответствующими характеристиками, рассчитанными по данным четырех стационарных гидрометеорологических буев Японского метеорологического агенства. Точки их постановки использовались в качестве узлов сеточной области при пространственно-временном осреднении массовых судовых данных и срочных значений турбулентных составляющих БТПО. Период осреднения - месяц. Сравнение показало удовлетворительные результаты: для годовой серии измерений приведенные в узлы сетки значения температуры воды отличались от измеренных в среднем по ЭАЗО на $-0,1^{\circ}\text{C}$. Отмечалось систематическое занижение значений температуры воздуха по осредненным за месяц судовым данным (до $0,6^{\circ}\text{C}$) в среднем по акватории относительно измеренных на буйках значений, которое было обусловлено существенным преобладанием массовых судовых измерений в светлое время суток (80%) по сравнению с соответствующими ночными данными. В целом расхождения в потоках скрытого и явного тепла в холодные периоды года не превышали 9 и 12%, соответственно. На основании полученных результатов в работе сделан вывод о возможности использования массовых судовых данных для построения среднемесячных полей гидрометеозлементов и составляющих БТПО с точностью, удовлетворяющей задачам исследования.

В третьей главе исследуется короткопериодная изменчивость турбулентного теплообмена при различных синоптических условиях и ее вклад в формирование среднемесячных потоков скрытого и явного тепла.

Как отмечалось на II Всесоюзной конференции по программе "Разрезы" (1986), первоочередное внимание должно быть обращено на исследование критических ситуаций с точки зрения сильных аномалий характеристик взаимодействия атмосферы и океана в средних широтах на внутрисезонных и межгодовых масштабах. На примере экстремальной ситуации - исключительно интенсивной теплоотдачи в ЭАЗО Куроисио в осенне-зимний период 1983-1984 гг., - по данным ежечасных наблюдений исследованы взаимосвязи параметров, определяющих теплообмен (разности температур вода-воздух, перепады влажности, скорость ветра) с виртуальными потоками тепла, которые формировались в условиях тыловой части и теплого сектора глубоких циклонов. Обнаружена положительная корреляция значений ΔT_{wa} и ΔE_{wa} со скоростью ветра в тыловой части глубокого циклона, перемещавшегося над течением Куроисио. В результате виртуальные потоки увеличивались на порядок относительно "фоновых" значений (например, до $2,00 \text{ кВт/м}^2$ при "фоне" в $0,25 \text{ кВт/м}^2$). При относительно невысокой повторяемости таких ситуаций в ЭАЗО Куроисио в течение месяца (10-35%) их вклад в результирующий средний поток тепла через океаническую поверхность составлял от 35 до 60%, соответственно. Напротив, в теплых секторах циклонов при явно выраженной отрицательной корреляции между определяющими теплообмен параметрами даже при больших скоростях ветра (15-18 м/с) виртуальный поток тепла не превышал "фоновых" значений, характерных для условий малоградиентного приземного барического поля ($0,25 \text{ кВт/м}^2$). На основании полученных результатов сделан вывод о том, что максимальные значения средней за месяц теплоотдачи и их высокая внутримесячная изменчивость, которые наблюдаются в очагах интенсивного взаимодействия океан-атмосфера в холодные периоды года, определяются высокой повторяемостью

"вторжений" континентальных воздушных масс в тыловых частях циклонов непосредственно над областью распространения течения Куроисио.

В условиях тыловой части глубокого циклона на основе совместного анализа аэрологической информации и отдельных характеристик теплового взаимодействия океан-атмосфера над течением Куроисио в холодный период года исследовалось проявление "энергоактивности" верхнего слоя океана по отношению к погранслою атмосферы. Было установлено, что этот процесс характеризовался быстрым прогревом и насыщением влагой континентального воздуха в нижней тропосфере до уровня 500 гПа за счет резкой интенсификации виртуального теплообмена. При этом период трансформации воздушной массы составил 1,5 суток. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что максимальное проявление "энергоактивности" верхнего слоя океана, которое характеризуется значительным поступлением, в первую очередь, скрытого тепла в погранслою атмосферы, наблюдается в периоды, когда создаются благоприятные условия для поступления малотрансформированных континентальных воздушных масс непосредственно в область течения Куроисио.

В четвертой главе исследуются пространственные и временные особенности результирующего теплообмена в СЗ части Тихого океана.

В первом разделе рассматриваются особенности годового хода БТПО в отдельных районах СЗ части Тихого океана. Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию сезонной изменчивости гидрометеозлементов и отдельных составляющих БТПО, для ЭАЗО Куроисио до настоящего времени не решена задача восстановления нормального годового хода теплообмена. Совокупность внешних условий, определяющих теплообмен в ЭАЗО Куроисио (наличие фронтальных зон в атмосфере и океане) способствует формированию сложной пространственной структуры среднемесячных полей БТПО. Поэтому одной из важных частей работы был вопрос о достоверности получаемых аномалий БТПО по архивным данным, используемым в работе. С этой целью для анализа привлекались клима-

тические значения БТПО из Атласа теплового баланса океанов (под ред. А.Г. Колесникова, 1970), которые сравнивались с рассчитанными по пятилетнему ряду наблюдений (1981-1985) значениями. Расхождения между климатическими значениями и средними за пять лет характеристиками в этом случае не превышали 6-7% для зоны максимальной изменчивости БТПО (районы течения Куроисио и Продолжения Куроисио) и достигали значительных величин на периферии ЭАЗО, где ошибка в определении аномалий БТПО была соизмерима с абсолютными значениями результирующего теплообмена. Причиной этого, на наш взгляд, являлось качество исходных данных, использованных при составлении Атласа теплового баланса океанов (под ред. А.Г. Колесникова, 1970). Поэтому за климат БТПО в настоящей работе принимались средние значения характеристик за период 1981-1985 гг., хотя мы понимали, что такой подход являлся вынужденным ввиду ограниченности исходного ряда наблюдений. Однако, как показано в работе на примере средних широт Атлантического океана (станции погоды "С" и "Д"), характеризующихся высокой степенью изменчивости потоков тепла на границе раздела океан-атмосфера, он может быть использован для получения средних характеристик теплообмена с точностью в 10-15%. Эти оценки представлены в работе в виде отношения произвольных пятилетних средних к среднему климатическому значению за 20 лет.

По среднемесячным данным БТПО в узлах регулярной сетки в зависимости от продолжительности периодов накопления и отдачи тепла верхним слоем океана и амплитуд годового хода были выделены пять районов с устойчивыми очагами теплообмена, которые условно названы: припассатной зоной (район 1), областью течения Рюкю (район 2), зоной течения Куроисио (район 3), зоной Продолжения Куроисио (район 4) и областью субарктических вод Курильского течения (район 5). В сравнении с известными климатическими данными из Атласа теплового баланса оке-

анов (под ред. А.Г. Колесникова) пространственные размеры ЭАЗО, в пределах которой среднегодовые значения БТПО были отрицательными для океана, были существенно меньше. Центральная часть энергоактивной области располагалась вдоль течений, формирующих западную часть северного субтропического круговорота вод. В припассатной зоне и в районе субарктических вод восточнее о. Хоккайдо в среднем за год поступление тепла в океан превышало его затраты на турбулентный обмен с атмосферой и наблюдалась максимальная продолжительность периода теплонакопления (от шести до семи месяцев). Эти районы являлись "аккумуляторами" поступающей на поверхность океана солнечной радиации. Амплитуда годового хода теплообмена последовательно увеличивалась от припассатной зоны вдоль системы западных пограничных течений к побережью Японских островов и далее уменьшалась в восточном направлении. В работе показано, что максимальные нарушения в годовом ходе теплообмена, связанные с резкими изменениями продолжительности периодов накопления и отдачи тепла верхним слоем океана, имели место вдоль северного субтропического круговорота вод в течение 1982-1983 гг. (районы 1-3).

Во втором разделе исследуются межгодовые колебания БТПО. Проведена оценка статистической значимости межгодовых колебаний результирующего теплообмена. Показано, что в течение 1982-1983 гг. аномалии БТПО разного знака превышали доверительные интервалы межгодовых изменений этой характеристики как для теплого ($0,01-0,03 \text{ кВт/м}^2$), так и для холодного ($0,03-0,06 \text{ кВт/м}^2$) периодов года.

На основе совместного анализа синоптических условий над районом исследований, некоторых характеристик аномальности гидрометеозаэментов в пограничном слое и значений результирующего теплообмена в период явления ЭНЖК 1982-1983 гг. установлены следующие особенности:

- в период первой фазы явления ЭНЖК в 1982 г. в результате резкой интенсификации потоков тепла через поверхность в тропической зоне

и прилегающих районах I и 2 усиливалась меридиональная циркуляция в ячейке Хэдли. Этот процесс сопровождался смещением южной ветви атмосферного полярного фронта далеко к северу от среднего многолетнего ($32-34^{\circ}$ с.ш.) положения у побережья Японских островов. В районе течения Куроиси наблюдалось ослабление ветра, малая облачность и, как следствие, дополнительное поступление солнечной радиации к поверхности океана. Поскольку ячейки Хэдли и Уокера являются составляющими на меридиан и параллель от результирующего атмосферного потока, усиление меридиональной ячейки в течение первой фазы явления ЭНЖК должно сопровождаться сокращением размеров зональной ячейки Уокера. Такой процесс действительно наблюдался в течение первой фазы явления ЭНЖК в 1982 г. (Cane, 1986);

- в течение второй фазы явления в 1983 г. ослабление теплоотдачи в тропиках сопровождалось сокращением размеров меридиональной ячейки Хэдли и аномальным смещением в южном направлении южной ветви атмосферного полярного фронта. В этот период зональная ячейка Уокера распространялась далеко к востоку (Cane, 1986). Активизация циклонической деятельности над районом течения Куроиси, где в предшествующий период сформировалась устойчивая положительная аномалия теплоемкости поверхностных вод, приводила к исключительно высокой теплоотдаче из океана в атмосферу и последующему формированию отрицательной аномалии теплозапаса поверхностных вод. Подобные условия теплообмена в районе течения Куроиси были обнаружены и в период сильного явления ЭНЖК 1972-1973 гг.

Таким образом, в случае сильных явлений ЭНЖК значительные по амплитуде межгодовые изменения теплообмена в системе океан-атмосфера могут охватывать не только тропическую зону, но и внетропические широты СЗ части Тихого океана.

В третьем разделе на основе полученных в работе данных обсуждаются вопросы устойчивости в местоположении очагов интенсивного теп-

лообмена как в пространстве, так и во времени. Делается вывод о том, что формирование устойчивых очагов теплообмена в СЗ части Тихого океана происходит, как правило, в районах максимального взаимодействия атмосферной и океанской фронтальных зон, то есть там, где наблюдается высокая повторяемость пересечений струи теплых течений Рюкю и Куроиси осью максимальной скорости ветра.

В пятой главе рассматриваются вопросы практического применения полученных в работе основных результатов. Исследуется принципиальная возможность прогноза знака аномалий теплоемкости верхнего слоя океана 0-100 м для отдельных районов СЗ части Тихого океана. Ограниченный объем исходной гидрометеорологической информации не позволил рассмотреть масштабы изменчивости процессов перераспределения тепла в верхнем слое океана меньше сезона.

В качестве рабочей гипотезы рассматривалось условие определяющего формирования аномалий теплоемкости под воздействием аномалий БТПО в предшествующий сезон. Это и определило заблаговременность прогноза. Реализация прогностической схемы основана на традиционных методах регрессионного анализа. Проверка простого линейного уравнения регрессии на независимом материале показала удовлетворительные результаты для района течения Куроиси, в котором статистически достоверно выделяются аномалии БТПО. В силу этого полученные результаты следует рассматривать как предварительные. Тем не менее, они позволяют уверенно наметить основные направления дальнейших исследований по созданию метода фоновый долгосрочного прогноза термических условий в важном рыбопромышленном районе Тихого океана.

В заключении работы сформулированы следующие выводы:

I. Исследована принципиальная возможность получения надежного регионального климата составляющих бюджета тепла поверхности океана по судовым данным за период 1981-1985 гг. на основе разработанной и реализованной на практике методологической схемы построения среднемесячных полей этих характеристик. Для СЗ части Тихого океана полу-

чены удовлетворительные результаты, уточняющие известные представления о климатическом распределении составляющих БТПО.

2. Установлено, что в холодные периоды года формирование аномальных потоков скрытого и явного тепла на поверхности СЗ части Тихого океана определяется адвекцией воздушных масс различного происхождения, при этом влияние подстилающей океанической поверхности на интенсивность теплообмена незначительно.

3. На основе анализа характера пространственно-временной изменчивости БТПО выделены устойчивые районы интенсивного теплообмена, которые расположены вдоль оси северного субтропического круговорота вод. Наблюдается пространственная сопряженность повторяемости пересечения струи Куроиси осью южной ветви атмосферного полярного фронта, с одной стороны, и выделенными районами максимальной временной изменчивости БТПО, с другой стороны.

4. На основе выполненных оценок вклада виртуальных потоков тепла в насыщение влагой континентального воздуха установлено, что период трансформации воздушной массы от поверхности океана до уровня 500 гПа может достигать 1,5 суток в холодные сезоны года.

5. Выявлены разнонаправленные связи между основными параметрами, определяющими теплообмен в приводном слое атмосферы (скорость ветра, разности температур вода-воздух, перепады влажности), которые обеспечивают увеличение или уменьшение потоков тепла через поверхность при одинаковом ветровом режиме. Данная зависимость проявлялась вблизи побережья Японских островов только в экстремальных условиях теплообмена, сопровождающих явление ЭНЖК 1982-1983 гг.

6. Обнаружены максимальные межгодовые изменения БТПО вдоль оси северного субтропического круговорота вод (припассатная зона, течение Гяку, течение Куроиси) в период сильного явления ЭНЖК 1982-1983 гг. Предложена схема, объясняющая формирование этих изменений за счет вариаций интенсивности меридиональной атмосферной циркуляции и проявления "энергоактивности" верхнего слоя вод через механизм обратной

связи в системе океан-атмосфера.

7. Установлена тесная асинхронная связь с сезонной заблаговременностью между аномалиями БТПО и теплосодержания верхнего слоя океана (0-100 м) непосредственно для района течения Куроиси у побережья Японских островов. Показана принципиальная возможность прогноза знака аномалии теплосодержания верхнего слоя океана по известным аномалиям БТПО в предшествующий сезон в важном рыбопромысловом районе Тихого океана.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Рассадников Ю.А., Нелезин А.Д., Пятин О.Г. Тепловой баланс поверхности океана в зоне энергоактивного полигона Куроиси. Труды ДВНИИ, вып. 106, 1986, с.83-96.

2. Пятин О.Г., Рассадников Ю.А., Нелезин А.Д., Ванин Н.С. Информационное обеспечение исследований в ЭАЗО Куроиси. Метеорология и гидрология, 1986, № 9, с. 72-78.

3. Пятин О.Г., Рассадников Ю.А., Нелезин А.Д., Ломакин А.Ф. Бюджет тепла поверхности океана и его аномалии в 1982 г. Труды ДВНИИ, вып. 127, 1987, с. 32-44.

4. Нелезин А.Д., Будаева В.Д., Пятин О.Г. Распределение теплосодержания вод и его изменчивость по данным сезонных съемок на полигоне Куроиси в 1982 г. Труды ДВНИИ, вып. 127, 1987, с. 45-67.

5. Дарницкий В.В., Нелезин А.Д., Пятин О.Г. О возможности долгосрочного прогнозирования абиотических (термических) условий в районе Куроиси. Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по промышленной океанологии. М., 1987, с. 229-230.