

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П.П.ШИРШОВА

На правах рукописи

МОРОЗОВ ЕВГЕНИЙ ГЕОРГИЕВИЧ

УДК 551.466

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВНУТРЕННИХ ВОЛН МИРОВОГО ОКЕАНА

И.00.08 - океанология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук

Москва 1988

Работа выполнена в Институте океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук	Р. В. Озмидов
доктор физико-математических наук	К. Д. Сабинин
доктор физико-математических наук	С. С. Лаппо

Ведущее учреждение - Морской гидрофизический институт
АН УССР (г. Севастополь)

Защита состоится "21" июня 1989 года
в 10 час. на заседании Специализированного совета Д 002.86.01
при Институте океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР

Адрес: П17219, г. Москва, ул. Красикова, 23

Отзывы в двух экземплярах просим присылать по указанному адресу,
Ученому секретарю

С диссертацией
океанологии им.

Автореферат ра:

Ученый секретарь
совета,
кандидат геогр

I. Общая характеристика работы

Актуальность темы. Данные многочисленных измерений в Мировом океане показывают, что внутренние волны особенно приливные и квазиинерционные колебания играют важную роль в энергетическом балансе океана. Они наблюдаются во всех районах океана, распространены от поверхности до дна и несут значительную энергию в диапазоне частот от инерционной до частоты Вейселя-Брента, обладая как правило максимумом на полусуточной частоте. Внутренние волны могут сильно изменять гидрофизические поля в океане. Они существенно влияют на процессы вертикального и горизонтального обмена, генерацию мелкомасштабной турбулентности и тонкой структуры в океане. Изучение внутренних волн важно для решения ряда океанологических задач, а также для обеспечения нужд подводной акустики, подводной навигации, промысловой океанологии и безопасности обитаемых подводных аппаратов.

Внутренние волны в значительной степени осуществляют сток энергии более крупномасштабных океанских движений в мелкомасштабные с последующим переходом ее в еще более мелкомасштабные движения и тепло. Они существенно влияют на особенности распространения акустических сигналов и вентиляцию глубинных вод. Являясь внутритрокеанским явлением, они тем не менее проявляются на поверхности океана, поэтому их изучение важно для совершенствования космических методов исследования океана. Внутренние волны являются шумом при выполнении крупномасштабных гидрофизических съемок, и их влияние необходимо учитывать.

Свидетельством актуальности изучения внутренних волн служит появление большого числа обзорных публикаций и монографий ведущих



ученых, в которых внутренним волнам уделяется серьезное внимание: Гарретт и Манк /1972, 1975, 1979/, Монин, Каменкович, Корт /1974/, Мировольский /1981/, Сабинин /1982/, Федоров /1976, 1983/, Краусс /1968/, Тернер /1973/, Филлипс /1977/, Черкесов /1976, 1980/, Монин, Озмидов /1981/, Островский /1979/, Монин, Красицкий /1985/, Олберс /1983/.

За последние годы накоплен большой объем информации о флуктуациях температуры и течений в океане в диапазоне частот внутренних волн. Обобщение результатов исследований и обработки этих данных в целях изучения свойств и пространственно-временной изменчивости внутренних волн для решения практической задачи освоения ресурсов Мирового океана в настоящее время представляется весьма важным.

Цели и задачи работы. Несмотря на значительный интерес к внутренним волнам и большое число публикаций, обобщение экспериментальных измерений данного явления все еще отсутствует. Данная работа посвящена исследованию пространственно-временной изменчивости внутренних волн и ее основными целями являются:

1. Определение характеристик внутренних волн на акватории океана по экспериментальным данным при различных условиях среднего состояния.

2. Обобщение экспериментальных наблюдений и апробация на их основе существующих моделей внутренних волн.

3. Изучение закономерностей изменчивости внутренних волн в Мировом океане и условий формирования глобального волнового поля.

Для достижения поставленных целей требовалось решить ряд задач, основными из которых являлись следующие:

1. Получить достоверные экспериментальные данные о возмуще-

ниях гидрологических характеристик на масштабах внутренних волн на основе проведения специализированных измерений в характерных районах Мирового океана и создать массив данных.

2. Изучить процессы возбуждения приливных внутренних волн около подводных хребтов, как возможных районов их интенсивной генерации. Сопоставить результаты экспериментальных измерений с моделями генерации приливных волн.

3. Изучить характер распространения внутренних приливных волн в океане, объяснить различия в имеющихся наблюдениях внутренних волн, которые свидетельствуют о преобладании низшей моды волн в одних случаях и высоких мод в других.

4. Показать, что вследствие генерации внутренних приливных волн баротропным приливом они приобретают свойство полумесячной изменчивости амплитуд, и кроме того полусуточные и суточные волны разделяются на несколько отдельных составляющих, что может создать принципиальную возможность прогноза волн.

5. Объяснить значительную пространственную перемежаемость квазиинерционных колебаний и сопоставить их изменчивость с неоднородностями среднего состояния океана.

6. Определить характер реакции океана на сильные и умеренные возмущения в атмосфере, выделить преимущественные временные масштабы перемежаемости инерционных колебаний.

7. Определить основные причины отличия спектров короткопериодных внутренних волн от фоновых, исследовать характерные временные масштабы возникновения цугов внутренних волн.

Результаты выполнения этой программы выносятся на защиту.

Основные научные результаты. Основные научные результаты диссертации могут быть изложены в виде следующих выводов:

1. По данным многочисленных измерений определены характеристики приливных внутренних волн в различных районах Мирового океана.

2. На основе полигонных измерений на буйковых станциях показано, что в районе подводных хребтов происходит интенсивная генерация внутренних приливных волн. Волны распространяются от хребтов, направления волн мало меняются во времени. Рассчитаны потоки энергии, которая передается от баротропного прилива к внутренним приливному волнам в районе подводных хребтов. Показано, что сумма потоков энергии от всех подводных хребтов Мирового океана составляет примерно четверть величины диссипации энергии баротропного прилива.

3. Показано, что характер распространения полусуточных внутренних волн в окрестности крупных форм топографии, где произошла генерация, является лучевым. На удалении от источников на расстоянии порядка 100 км формируется модовая структура колебаний с преобладанием первой моды. В процессе дальнейшего распространения происходит подпитка энергией за счет генерации волн на шероховатостях дна океана и обогащение колебаний более высокими модами. Вместе с тем первоначальная волна теряет в процессе распространения свою энергию. На большом удалении от источника (более 1000 км) внутренний прилив теряет черты детерминированного процесса. На основании расчетов и измерений составлена карта распределения амплитуд полусуточных внутренних волн в океане.

4. На основании оценок, полученных по продолжительным реализациям показано, что амплитуда полусуточных внутренних волн испытывают временную изменчивость с периодом около полумесяца, связанную с изменчивостью баротропного прилива. Эта изменчивость полусуточных волн наиболее существенна. С помощью спектральных оценок

с высоким разрешением показано, что внутренние приливные волны обладают тонкой структурой спектров. Установлено, что максимальная энергия соответствует волне с частотой, равной частоте баротропной волны M_2 , меньшие энергии приходятся на частоты волн K_1 и S_2 . В связи с тем, что источники внутренних волн стационарны в пространстве, а их временная изменчивость близка к периодической, возникает принципиальная возможность прогноза внутренних волн.

5. Дано объяснение значительной пространственной перемежаемости инерционных колебаний. Показано, что она в значительной степени связана с локальной синоптической неоднородностью среднего состояния океана. При одновременном возбуждении инерционных колебаний атмосферными возмущениями с поверхности на больших акваториях их дальнейшее распространение зависит от завихренности течений на синоптическом пространственном масштабе. В условиях синоптических океанских циклонов инерционные колебания быстрее проникают вглубь океана, чем в условиях антициклонов, и в результате формируется изменчивость на синоптических масштабах.

6. Обнаружена сезонная изменчивость инерционных колебаний, проявляющаяся в том, что в умеренных широтах в зимний период инерционные колебания более интенсивны чем в летний. Показано, что на сильные атмосферные возмущения в виде тайфунов океан реагирует баротропным образом. Обнаружена также синоптическая изменчивость инерционных колебаний с периодом 6-13 суток.

7. На основании двухлетних измерений показано, что спектр колебаний гидрологических характеристик в районе инерционной частоты характеризуется тонкой структурой, которая достаточно хорошо описывается моделью Манка-Филлипса.

8. По многочисленным данным измерений показано, что перио-

личность появления пакетов короткопериодных внутренних волн близка к локальному инерционному периоду. Предложена гипотеза о том, что подпитка энергией высокочастотных внутренних волн в значительной степени производится за счет разрушения квазиинерционных внутренних волн. Отличия реальных спектров внутренних волн от фоновых, в основном связаны с прохождением пакетов возмущений. Предложена модель деформации короткопериодных внутренних волн при наличии среднего горизонтального градиента течений.

Научная новизна исследований. Исследование внутренних волн, выполненное в диссертации, привело к ряду новых результатов и обнаружению новых свойств волн. Положения диссертации существенно углубляют и расширяют знания о структуре и изменчивости внутренних волн.

Впервые проведено обобщение столь многочисленных данных измерений в различных частях Мирового океана. На основе экспериментальных данных выполнено изучение свойств внутренних волн различных диапазонов частот в типичных районах Мирового океана и выявлены их характерные свойства.

Изучена генерация внутренних приливов около подводных хребтов. Впервые показано, что эти районы являются основными районами возбуждения внутренних приливов. Даны оценки диссипации энергии баротропного прилива и перехода энергии в энергию внутренних волн.

На основании данных измерений определены районы, где преобладает первая мода колебаний, а также районы, где колебания характеризуются присутствием более высоких мод. Дана глобальная характеристика волнового поля. Впервые составлена карта распределения амплитуд полусуточных волн в океане.

Впервые на основании статистического анализа данных измере-

ний показана полумесячная изменчивость приливных внутренних волн, а также разделение суточных и полусуточных внутренних волн на несколько составляющих, генерируемых гармониками баротропного прилива. В связи с этим указана принципиальная возможность прогноза внутренних приливных волн.

Дано объяснение пространственной изменчивости инерционных колебаний. Она вызвана зависимостью от среднего состояния океана, связанной с завихренностью течений на синоптическом пространственном масштабе. Выделена сезонная и синоптическая временная изменчивость энергии инерционных колебаний, вызванная соответствующей изменчивостью атмосферного воздействия. Получено экспериментальное подтверждение модели Манка-Филлипса.

Обнаружена изменчивость появления пакетов короткопериодных волн с инерционным периодом. Предложена гипотеза о том, что подпитка энергией высокочастотных волн производится за счет разрушения квазиинерционных волн.

Экспериментально и теоретически показано, что наличие среднего течения с горизонтальными градиентами скорости приводит к интенсификации короткопериодных внутренних волн.

Практическая значимость работы. Итогом выполненной работы является теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы экспериментального исследования приливных и инерционных внутренних волн для типичных районов океана, имеющей важное народнохозяйственное значение. Основные положения и выводы диссертации имеют фундаментальное значение для понимания структуры и изменчивости внутренних волн в океане.

Обобщение данных непосредственных измерений длинных рядов температуры и течений, полученных на буйковых станциях, позволило дать количественные параметры приливных внутренних волн и полу-

чить статистические характеристики высокочастотных внутренних волн для больших акваторий Мирового океана.

Результаты заставляют по-новому взглянуть на проблему диссипации энергии баротропного прилива в океане. Значительная часть энергии диссипации баротропного прилива, согласно результатам, полученным в диссертации, переходит в энергию внутренних полусуточных волн, генерируемых на подводных хребтах за счет обтекания их течениями баротропного прилива.

Обнаруженная полумесячная изменчивость полусуточных внутренних волн открывает возможности для прогноза этих волн.

Продемонстрирована связь инерционных колебаний с атмосферным воздействием и со средним состоянием океана. Сделанные выводы допускают возможность предвычисления амплитуд инерционных колебаний.

Результаты диссертации могут быть использованы в многочисленных прикладных задачах океанологии. Они чрезвычайно важны для решения прикладных задач акустики океана, для нужд промышленной океанологии и подводной навигации.

В связи с проведенными исследованиями открывается ряд проблем для дальнейшего изучения, решение которых позволит продвигнуться вперед в деле освоения океана. Такими задачами являются прогноз энергонесущих внутренних волн и планирование исследований в океане для получения более детальной глобальной картины внутренних волн. Выполненные исследования уже стали основой для содержания отчетов по ряду договорных тем.

Большую ценность имеет массив данных измерений температуры на буйковых станциях, собранный автором и содержащийся на магнитных носителях ЭВМ.

Обоснованность научных положений и выводов. В работе использованы опубликованные данные и результаты измерений внутренних

волн, выполненных с участием автора в 17 экспедициях Института океанологии АН СССР за период с 1967 по 1987 год с привлечением данных других экспедиций, в том числе и зарубежных.

Обоснованность результатов основывается на огромном массиве данных, подвергнутых обработке и контролю. Методы контроля данных и их обработки использованы стандартные. Полученные результаты статистически достоверны, поскольку они базируются на большом массиве данных, а не на отдельных частных измерениях. Достоверность обеспечивалась применением апробированной методики измерений, отвечавшей задачам проводившихся исследований, и широким использованием современных методов статистической обработки натуральных данных. Выводы, полученные в работе, апробированы на независимых измерениях.

Использованные при расчетах на ЭВМ прикладные программы многократно апробированы на результатах многих экспедиций.

Апробация работы. Результаты, изложенные в диссертации были представлены и обсуждались на заседании Объединенного советско-американского оргкомитета ПОЛИМОДР /Кеймбридж, США, 1978/, на ХУП Генеральной Ассамблее Международной Ассоциации Физических наук об океане /Канберра, Австралия, 1979/ на XV Международном Тихоокеанском конгрессе /Данидин, Новая Зеландия, 1983/, на Международном коллоквиуме "Океан-П" /Носибе, Мадагаскар, 1987/ на III Всесоюзном съезде океанологов /Ленинград, 1987/, на конференции по междуведомственному проекту "Волна" /Севастополь, 1988/, а также на коллоквиумах Стдела гидрологических процессов и на семинарах и коллоквиумах различных учреждений, занимающихся исследованиями Мирового океана.

Личный вклад автора. Экспериментальные данные, составившие основу для проведения исследований, представленных в диссертации, были получены в более чем 30 экспедициях. Автор лично участвовал

в 17 экспедициях. Его участие выразилось в подготовке экспедиций, планировании эксперимента и непосредственном его проведении. Последующая обработка данных выполнена лично автором. Автором был обработан, проанализирован и обобщен этот большой объем экспериментальных данных. Собранный массив измерений, составляющий данные около 500 буйковых станций в различных частях океана уникален.

По теме диссертации написано 43 научных статьи и одна монография. Монография и 8 статей написаны лично автором. Коллективный характер проводившихся исследований обусловил публикацию части полученных результатов в соавторстве с коллегами по работе. В большинстве работ научные идеи, составившие основу диссертации принадлежат автору.

Структура и содержание работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Диссертация содержит 574 страниц, из них 278 страниц машинописного текста, 196 рисунков, 60 таблиц и список литературы из 388 названий.

II. Содержание работы

Во введении рассматривается актуальность темы исследования, формулируются цели и задачи работы, обсуждаются новизна и практическая значимость диссертации, отмечается личный вклад автора.

В главе I дается обзор современных представлений о внутренних волнах.

Глава начинается с рассмотрения методов экспериментального изучения внутренних волн. Современными методами исследования волн являются измерения колебаний гидрологических характеристик при помощи стационарных измерительных систем и буксируемых гирлянд датчиков. Наиболее доступными для измерения в океане являются

температура воды и скорость течения. Наибольшее количество информации о внутренних волнах получено с помощью измерений на закоренных буйковых станциях. При установке групп буев с трехмерной системой датчиков информация о структуре волнового поля и его изменчивости получается наиболее богатая. Установка распределенных датчиков температуры позволяет отфильтровать высокочастотный шум, вносящий искажения в измерения. Применение стационарных систем наиболее перспективно поскольку дает возможность получать длительные ряды измерений и изучать внутренние волны любых масштабов.

Измерения буксируемыми системами датчиков позволяют при определенных допущениях получить одномерные пространственные спектры возвышения изопикн. Для интерпретации измерений требуется принятие дополнительных гипотез, в частности о стационарности внутренних волн в течение периода измерений, которая не всегда выполнима. Буксируемые измерения позволяют изучить статистические свойства высокочастотного диапазона внутренних волн, но для низкочастотных внутренних волн мало пригодны.

При рассмотрении вопроса изученности внутренних волн весь частотный диапазон был разделен на три части: приливные, квазиинерционные и короткопериодные внутренние волны.

Океанские приливные внутренние волны являются обычными свободными внутренними волнами с квазиприливной периодичностью. Они известны начиная с исследований Нансена. Многочисленные измерения в различных частях Мирового океана показали, что явление повсеместно распространено в океане. Эти волны имеют высокую энергию. Они возбуждаются при взаимодействии баротропного прилива с неровностями дна. Приливные течения, встречая препят-

ствия на своем пути, приобретают вертикальную составляющую. Таким образом изопикны получают периодические вертикальные смещения и поэтому генерируются внутренние волны. Колебания течений с приливным периодом определяются совместным действием баротропного прилива и внутренних волн, а колебания температуры преимущественно внутренними волнами. Поэтому для анализа внутренних волн удобнее использовать данные температуры.

В настоящее время хорошо изучены частотные спектры приливных внутренних волн, а также их пространственная структура, которая характеризуется довольно широким пространственным спектром. В изучении внутренних приливных волн многие вопросы оставались невыясненными. Спорным вопросом был вопрос о модовом составе колебаний. Плохо был изучен вопрос о генерации волн, их затухании и распределении амплитуд волн по акватории океана. Было мало сведений о временной изменчивости внутренних приливов о стационарности амплитуд и направлений волн. Многочисленные измерения в различных частях океана показывают, что инерционные колебания присутствуют повсеместно и обладают значительной энергией. Колебания течений характеризуются более высокой энергией, чем колебания с приливным периодом. Для инерционных колебаний ширина спектрального пика в несколько раз больше, чем для приливных. При этом сам пик, как правило, сдвинут в сторону более высоких частот.

Измерения показывают, что инерционные колебания существенно нестационарны во времени, и величина их амплитуды сильно изменчива в пространстве.

В настоящее время на инерционные колебания существуют два взгляда. Согласно первому из них инерционные колебания рассматриваются как чисто горизонтальные движения. Другая точка зрения представляет инерционные колебания как внутренние волны с близким

к инерционному периоду.

Измерения указывают на то, что в океане присутствуют оба этих вида колебаний. Однако нет достаточных объяснений наблюдаемому явлению. Нет объяснений, почему инерционные колебания, возбуждаясь преимущественно у поверхности океана атмосферными воздействиями, имеют столь малый масштаб корреляции. Пространственная изменчивость поля инерционных колебаний имеет масштабы приблизительно на два порядка меньше, чем масштабы ветрового поля, возбуждающего эти движения.

Измерения показывают, что спектры колебаний гидрологических характеристик имеют непрерывный характер во всем диапазоне без выделяющихся энергонесущих пиков, за исключением инерционной и приливной частот. В океане имеет место набор большого количества внутренних волн со случайными фазами и амплитудами. Гарретт и Манк проанализировали данные многочисленных измерений и, введя некоторые предположения, построили фоновую модель для спектра безразмерной энергии в диапазоне масштабов внутренних волн.

Наряду с фоновыми характеристиками волн, которые описываются моделью Гарретта-Манка и ее дополнениями, неотъемлемым свойством волн короткопериодного диапазона является перемежаемость их энергий во времени. Очень часто цуги волн появляются в определенных фазах более длиннопериодных возмущений. Существуют экспериментальные свидетельства того, что в районах с интенсивными течениями отмечается увеличение энергии внутренних волн. Далекое не все причины, вызывающие появление цугов возмущений и отклонения текущих спектров от фоновых, известны.

Большой массив измерений, полученный в последние годы, позволил обобщить эти данные. В работе на основе анализа и обобщения данных измерений делается попытка ответить на вопросы, подня-

тые в этой главе.

В главе II дается характеристика экспериментального материала. Измерения велись приборами Поток, фототермографами, измерителями ЦИИТТ, ЦИТТ-3 и БПВ-2. Всего обработаны данные почти в 400 точках в Мировом океане. Это данные более 500 буев. Продолжительность измерений на каждом бую от одних суток до 9 месяцев. Дискретность измерений от 5 до 30 минут.

В работе использованы данные: Аравийского полигона 1967 г. (40 рейс нис "Витязь") - 7 буев в 4 точках, 18 реализаций; измерений в западной Атлантике 1969-1972 г.г. (5, 9 и 12 рейсы нис "Академик Курчатов") - 28 буев, III реализации; Атлантического полигона 1970 г. - 122 бую в 17 точках, 191 реализация; измерений в экваториальной зоне Тихого океана 1972 г. (51 рейс нис "Витязь") - 8 буев, 12 реализаций; измерений в экваториальной зоне Индийского океана 1974 г. (55 рейс нис "Витязь") - 20 буев, 54 реализации; измерений в Норвежском море 1975 г. (21 рейс нис "Академик Курчатов") - 8 буев, 21 реализация; Американских экспериментов Аррей-1 1974-1975 г.г. - 7 буев, 24 реализации и Аррей-2 1975-1977 г.г. - 45 буев в 15 точках, 150 реализаций; полигона ПОЛИМОДЕ 1977-1978 г.г. - 49 буев в 19 точках, 136 реализаций; измерений в центральной Атлантике 1980 г. (31 рейс нис "Академик Курчатов") - 9 буев, 34 реализации; измерений в северо-западной части Тихого океана 1974 г. (56 рейс нис "Витязь") - 3 бую, 8 реализаций и в 1981 г. (33 рейс нис "Академик Курчатов") - 10 буев, 53 реализации; измерений в Южном океане 1983 г. в Новозеландском районе (30 рейс нис "Дмитрий Менделеев") - 5 буев, 23 реализации и в Индоокеанском секторе (4 рейс нис "Витязь") - 6 буев, 12 реализаций; Мезополигона 1985 г. - 73 бую, 200 реализаций; измерений в северо-восточной части Тихого океана 1986 г.

(37 рейс нис "Дмитрий Менделеев") - западнее США II бую, 52 реализации и западнее Мексики - 8 буев, 42 реализации; измерений в Индийском океане 1987 (13 рейс нис "Витязь") около Маскаренского хребта - 6 буев, 42 реализации, в Мадагаскарской котловине - 6 буев, 42 реализации; Мезополигона 1987 г. - 92 бую, III реализаций; измерений в Филиппинском море 1987 г. (14 рейс нис "Витязь") - I бую, 4 реализации.

Глава III посвящена экспериментальному исследованию внутренних приливных волн. В § I рассмотрены спектральные функции колебаний гидрологических характеристик в различных районах океана. Приведены спектры температурных колебаний для всех акваторий исследований.

Максимальные колебания температуры для всех районов отмечаются в слое сезонного скачка температуры. Пересчет колебаний в вертикальные смещения приводит к результату о том, что максимальные высоты смещений частиц воды по вертикали приходится на слой главного термоклина, на глубины около 1000 м. Сами высоты вертикальных смещений обычно равняются 10-30 м, достигая максимальных значений более 100 м в отдельных районах. При сравнении районов обнаруживается, что в окрестности некоторых подводных хребтов амплитуды внутренних волн максимальны. Минимальные амплитуды волн отмечаются в районах с равным дном, удаленных от значительных особенностей топографии.

В § 2 рассматриваются свойства полусуточных внутренних волн в зависимости от удаления района измерений от источника.

Генерация волн происходит около значительных особенностей топографии подводных хребтов, подводных гор, материковых склонов. В результате взаимодействия баротропного прилива с неровностями топографии возбуждаются внутренние колебания, которые первоначаль-

но имеют лучевую структуру. Описаны экспериментальные результаты измерения такой структуры в восточной части Тихого океана. Приборы, оказавшиеся на линии распространения луча, зарегистрировали интенсивные колебания, в то время как другие приборы на этих же бухах, не попавшие на траекторию луча, практически не обнаружили возмущений. Высокая когерентность зафиксирована на наклонных направлениях, совпадавших с траекторией луча. На других направлениях когерентность была ниже доверительной.

Далее в этом параграфе рассмотрены полигоны, на которых проводились измерения вблизи подводных хребтов. Наиболее ярко генерация полусуточных внутренних волн проявляется около Маскаренского хребта в западной части Индийского океана. Измерения показывают, что генерируются волны с высотами вертикальных смещений, достигающие 150 м. Доминирует первая мода колебаний. Волны распространяются от хребта на восток перпендикулярно хребту. Длина волны около 140 км хорошо согласуется с оценками длины волны для первой моды по дисперсионному соотношению с учетом реального распределения плотности. Горизонтальная когерентность повсеместно значима. Измерения в восточной части Тихого океана к югу от подводного разлома Мендосино также показывают, что в районе крутых неровностей топографии генерируются интенсивные приливные волны, которые распространяются от разлома на юг. Доминировала первая мода. В Ново-зеландском секторе Южного океана к востоку от подводного хребта Маккуори зарегистрированы полусуточные внутренние волны, распространяющиеся на восток от хребта. К востоку от Северо-Атлантического хребта несколько южнее Азорских островов проведенные измерения обнаружили интенсивные полусуточные внутренние волны, распространяющиеся от хребта на восток. Доминировала первая мода волны, а ее длина хорошо соответствовала оценке по дис-

персионному соотношению.

Измерения в северо-западной части Тихого океана показали, что в этом районе внутренние полусуточные волны распространяются на запад от Императорских гор. Интенсивность их не столь велика по сравнению с теми волнами, которые были зарегистрированы в непосредственной близости от хребтов. Помимо первой моды здесь отмечаются колебания более высоких мод. Направление волн на запад подтверждается исследованиями 1981 и 1987 года.

Результаты измерений на Атлантическом полигоне-70 и Мезополигоне свидетельствуют о преобладании первой моды колебаний в слое главного термоклина и присутствии более высоких мод в слое сезонного термоклина. Направления волн мало менялись во времени. Оценки горизонтальной когерентности нестабильны и часто не превышают доверительный уровень.

Измерения в Мадагаскарской котловине вдали от подводных хребтов показали наличие слабых полусуточных внутренних волн, вызываемых придонной генерацией. Многочисленные измерения в Саргассовом море в котловине, удаленной от резких особенностей топографии дна, также свидетельствуют о том, что приливные волны там слабы и носят неустойчивый характер. Слабые волны, приближающиеся к их почти полному отсутствию, зарегистрированы при измерениях к северу от острова Каргелен. Во всех районах, удаленных от крутых форм донной топографии, где внутренние волны слабы, горизонтальная когерентность незначима.

В третьем параграфе этой главы даются энергетические оценки генерации внутренних приливов на подводных хребтах. Модель Бейнса /Бейнс, 1973, 1977/ применена для оценки потоков энергии внутренних волн, возбужденных около подводных хребтов. Потоки энергии, а соответственно и амплитуды волн, зависят от геометрии склона,

стратификации и, в основном, от расхода воды в приливном течении. Бейнс для расчета расходов использовал данные уровня на береговых станциях. Поскольку таких измерений в открытом океане нет, то для расчета расходов использовались данные численного моделирования приливов /Гордеев, Каган, Ривкинд, 1975/, /Богданов, Магарик, 1967/, а также измерения течений на бужах. Оценки потоков энергии были сделаны для большинства подводных хребтов. Максимальные потоки получаются там, где хребты расположены перпендикулярно распространению приливной волны, а амплитуды баротропного прилива велики. Если при этих факторах гребень хребта расположен близко к поверхности, а средние глубины окружающих вод велики, то это способствует интенсивной генерации волн. Оценки показывают, что поток энергии для волн, генерированных около подводных хребтов больше, чем для волн, возбужденных у материковых склонов. Объясняется это тем, что волна баротропного прилива распространяется в океане, в основном, вдоль берегов. Материковые склоны параллельны берегу. Поэтому расход приливного течения, перпендикулярного к материковому склону невелик. Часто подводные хребты расположены перпендикулярно распространению баротропной волны. Поэтому через них проходит весь расход приливного течения, вызывая интенсивную генерацию внутренних волн.

По астрономическим данным по изменению продолжительности дня в работе Картрайта /Картрайт, 1977/ получена оценка величины диссипации энергии баротропного прилива $4,3 \cdot 10^{12}$ Дж/с. В работе получена оценка, что сумма потоков энергии внутренних волн от всех подводных хребтов дает 25% этой величины.

Известно, что основная диссипация энергии баротропного прилива происходит на мелководных шельфах и в мелких морях. Для полного баланса энергии не было известно как диссипирует примерно

$1/3 - 1/4$ этой энергии. Таким образом в работе дается ответ на вопрос о том, куда передается оставшаяся энергия диссипации баротропного прилива. Кроме того Бейнс /Бейнс, 1977/ оценивает менее чем в 1% долю энергии диссипации энергии баротропного прилива во внутренние приливные волны, генерируемые на материковых склонах. Белл /Белл, 1975/ оценивает в 10% долю перехода энергии баротропного прилива в энергию внутренних волн возбуждаемых на шероховатостях дна на больших глубинах.

По рассчитанным потокам энергии внутренних приливных волн, генерированных на подводных хребтах, даны оценки средних амплитуд возбужденных волн. По данным измерений оценено затухание приливных внутренних волн. Оценка дает приблизительно пятипроцентное уменьшение амплитуды колебаний на длине волны. На основании расчетов амплитуд возбужденных волн и оценок диссипации была построена полуэмпирическая карта средних амплитуд внутренних полусуточных волн, которые следует ожидать в различных районах океана. Таким образом выполнено географическое районирование интенсивности приливных внутренних волн. Большие амплитуды привязаны к подводным хребтам. В котловинах, удаленных от резких перепадов глубин, волны выходят на фоновый уровень. Измерения на большом количестве полигонов в разных частях океана хорошо соответствуют этой карте.

В § 4 рассмотрена изменчивость спектров по горизонтали, искажения спектров и снижение горизонтальной когерентности за счет средних условий, влияние горизонтальных градиентов скорости и эффекта Доплера на приливные внутренние волны. Горизонтальная изменчивость спектров в локальном масштабе рассмотрена на примерах Полигона-70 и ПОЛИМОДЕ. Демонстрируется, что в районе Полигона-70 различия в спектрах на горизонтальных масштабах поли-

гона не столь велики, как на полигоне ПОЛИМОДЕ. Последний характеризуется значительно большей изменчивостью среднего состояния океана. Это происходит за счет присутствия там интенсивных синоптических вихрей, которые искривляют изолинии гидрологических характеристик и проявляются в наличии сильных течений. Уровень спектральной плотности может изменяться в несколько раз на масштабе около 100 миль. Искажается и сама форма спектра. Под воздействием эффекта Доплера, вызванного сильными течениями пики смещаются по частоте в ту или другую сторону.

В § 5 рассмотрен спектральный состав внутренних волн в окрестности суточного и полусуточного периодов.

По рядам большой продолжительности порядка года, удалось получить спектральные оценки с хорошим разрешением спектров. Это позволило изучить детальную структуру спектров. Суточный и полусуточный баротропные приливы разделяются на отдельные волны. Этого следует ожидать и у внутренних волн, которые генерируются баротропным приливом. В работе показано, что в окрестности полусуточного периода преобладающая роль принадлежит внутренним волнам с периодом волны баротропного прилива M_2 (период 12,4 часа). Существенную роль играют также колебания с периодом волны S_2 (период 12,0 часа). Проявлений других волн N_2, K_2 не наблюдается.

Максимальная энергия внутренних волн суточного прилива соответствует периоду K_1 (период 23,9 часа) и в весьма меньшей степени O_1 (период 25,8 часа). Очень часто наши полигоны расположены в умеренных широтах, поэтому близко к суточному пику располагается пик инерционных колебаний с преобладающей энергией.

В § 6 рассмотрена полумесячная модуляция приливных волн по амплитуде.

Поскольку внутренние волны вызываются баротропным приливом, им должно передаться свойство полумесячной изменчивости амплитуд. Для того, чтобы выявить это свойство у внутренних волн, длинные ряды измерений были подвергнуты полосовой фильтрации с выделением полусуточных колебаний. По огибающим таких рядов были рассчитаны спектры. Она характеризуются пиком на полумесячном периоде, что говорит о значительной изменчивости на этом временном масштабе. Таким образом, поскольку источники внутренних волн известны, стационарны в пространстве и квазистационарны во времени, создается реальная основа для прогноза внутренних полусуточных волн.

В § 7 рассмотрены собственные функции уравнения внутренних волн. Уравнение для вертикальной скорости во внутренней волне численно интегрировалось при нулевых граничных условиях и реальном распределении плотности с глубиной для разных сезонных условий и изменениях стратификации, связанных с прохождением вихрей разного знака. Этот расчет дает собственные функции колебаний, длину волны и фазовую скорость. Расчет проведен для всех районов измерений. Для района ПОЛИМОДЕ была исследована изменчивость собственных функций и длин волн в зависимости от средних условий (глубины, стратификации). Обнаружено, что изменчивость длин волн, связанная со средними условиями невелика, и длина волны полусуточного периода является весьма устойчивой характеристикой для данного района.

В § 8 проведено исследование модового состава полусуточных внутренних волн. Работа проводилась по данным измерений около Северо-Атлантического хребта, где внутренние волны хорошо выражены. Расчет пространственно-временного спектра показывает преобладание волн, которые по дисперсионному соотношению соответствуют первой моде, а кроме того вертикальная когерентность колебаний

высока. Теоретические амплитуды для каждой моды рассчитывались численным интегрированием уравнения для внутренних волн. Для каждого горизонта измерений делалось разложение по собственным функциям. Решение системы уравнений показало, что вклад первой моды колебаний составляет приблизительно 90%.

В § 9 рассматривается разделение полусуточных колебаний течений, определяемых баротропным приливом и внутренними волнами. Разделение производится с использованием того, что скорость течения баротропного прилива постоянна во всей толще океана. Полосовым фильтром выделялись полусуточные колебания течений. Осреднение их по глубине дает колебания, определяемые баротропным приливом. Разность между исходными полусуточными течениями и течениями, определяемыми баротропным приливом, являются колебаниями, связанными с внутренними волнами. В районе ПОЛИМОДЕ оценки дисперсий колебаний в баротропном приливе и во внутренних волнах оказались близки. В районе Северо-Атлантического хребта колебания во внутренних волнах в несколько раз превышали колебания, связанные с баротропным приливом.

Глава 4 посвящена экспериментальному исследованию инерционных колебаний и квазиинерционных волн.

В § I рассматривается нестационарность и неоднородность инерционных колебаний. На примере Полигона-70 показываются различия в изменчивости горизонтальных и вертикальных колебаний с инерционной частотой. В эксперименте это проявляется в том, что изменчивость колебаний температуры и течений различна. Спектр колебаний температуры, спектр колебаний модуля скорости и спектры компонент течений для одной точки обычно различны.

Инерционные колебания можно рассматривать как обычные внутренние волны с близким к инерционному периодом. Степень верти-

кальности инерционных колебаний определяется поворотом волнового вектора, при этом вектор групповой скорости также изменяет свой наклон.

В случае чисто горизонтальных колебаний происходит вращение вектора скорости при незначительном изменении его абсолютного значения. Поэтому на спектрах температуры и модуля скорости не должно наблюдаться всплесков. Если же инерционные колебания представляют собой внутренние волны, то на спектрах всех характеристик должны наблюдаться всплески на инерционной частоте.

В работе показано, что угол наклона волнового вектора зависит от локальных изменений среднего состояния океана. А эти изменения в свою очередь зависят от горизонтальных градиентов скорости течения, определяемых, в основном, присутствием вихрей. При наличии горизонтального градиента течений вместо локального параметра Кориолиса действует эффективный параметр Кориолиса (Муерс, 1975) и диапазон существования внутренних волн изменяется из-за изменения граничной частоты.

Вследствие изменения завихренности меняется вертикальная составляющая вектора групповой скорости инерционных колебаний. Поэтому энергия инерционных колебаний проникает с поверхности океана вглубь с различной скоростью.

Если на поверхности океана инерционные колебания одновременно возбуждаются на большой площади на масштабах атмосферного циклона, то за счет разной скорости проникновения инерционных колебаний вглубь, на глубинах 100-200 м наблюдается существенная пространственная перемежаемость, которая обычно и регистрируется при измерениях.

На примере Мезополигона показано, что после усиления ветра инерционные колебания в точках, которые находились в условиях

циклонической завихренности, достигли максимума через полсутки, а в точках находившейся в условиях антициклонической завихренности, через трое суток.

Поскольку океан насыщен локальными изменениями завихренности течений как следствие наблюдается временная и пространственная перемежаемость инерционных колебаний.

В § 2 рассматривается временная изменчивость инерционных колебаний. Выделена хорошо выраженная сезонная изменчивость. В зимние месяцы амплитуды больше чем в летние. Это определяется различиями атмосферного воздействия в зимнее и летнее время и прослеживается на примере эксперимента Аррей вплоть до глубин 4000 м. В зимнее время возмущения в атмосфере сильнее, поэтому амплитуды инерционных колебаний больше. Проведено сопоставление огибающей амплитуд с рядом атмосферного давления. Возрастание амплитуд инерционных колебаний соответствует резким изменениям атмосферного давления.

Обнаружены также синоптические периодичности в изменении энергии инерционных колебаний. Их периоды находятся в интервале 13-6 суток.

В § 3 рассматривается возбуждение инерционных колебаний атмосферными возмущениями. Наиболее ярко генерация демонстрируется на примере воздействия тайфунов в северо-западной части Тихого океана.

Сразу после прохождения тайфуна развиваются четко выраженные инерционные колебания во всей толще океана. Одновременно на всех глубинах резко вырастают течения. Соответствующий рост отмечается и на спектральных функциях на инерционном периоде если их рассчитывать по интервалам времени до и после тайфуна. После прохождения тайфуна сразу резко вырастает пик на инерционном периоде.

Амплитуды колебаний возрастают после воздействия трех атмосферных тайфунов одновременно на всех горизонтах и амплитуда приблизительно одинакова на разных горизонтах. Таким образом на столь сильные атмосферные воздействия реакция океана преимущественно баротропная.

Такая реакция может быть вызвана резким изменением атмосферного давления, которое распространяется вглубь океана со скоростью звука.

В § 4 рассмотрена тонкая структура спектров около инерционной частоты. Манком и Филиппсом построена модель для спектра скорости в окрестности инерционной частоты. Уравнение для амплитуд колебаний в окрестности инерционной частоты является уравнением Эйри. Решения его для горизонтальной скорости пропорциональны функциям Эйри, а для температуры производной от функции Эйри по аргументу. На примере данных эксперимента Аррей проведено сравнение с моделью. Инерционный максимум на спектрах с хорошим разрешением всегда представляется как несколько разрешенных по частоте пиков. Он обычно смещен вправо от локальной инерционной частоты. Сравнение показывает, что максимумы на спектрах температуры и течений достаточно хорошо согласуются с экстремумами функции Эйри.

Глава У посвящена исследованию возмущений гидрофизических полей в диапазоне периодов 12 часов - 5 минут.

В § I проводится сравнение экспериментальных спектров, полученных в разных районах океана, с моделью Гарретта-Манка. Рассматривались спектры в различных средних условиях океана. В умеренных широтах, как правило, наблюдается достаточно хорошее соответствие модели и экспериментальных спектров. Наиболее часто

отклонения от модельного спектра объясняются прохождением пакета возмущений. В низких широтах видоизменение модели Сабининым и Шулеповым (1981) хорошо дополняет модель и реальные спектры удовлетворительно аппроксимируются этой моделью почти до экватора.

Проведенные оценки вертикальной когерентности близки к модельным. При прохождении пакета возмущений масштаб обычно возрастает с 10 до 50-100 метров. Выполнена оценка масштаба горизонтальной когерентности по измерениям на буйках, поставленных на расстоянии около 2 миль. При таких измерениях горизонтальная когерентность в высокочастотном диапазоне возрастает в соответствии с оценками масштаба модели Гарретта-Манка.

В § 2 рассмотрены результаты исследования одномерных пространственных спектров вертикальных смещений по данным измерений буксируемым термотралом в верхнем 200 метровом слое. Экспериментальные спектры сравнивались с моделью Дезобье (1976). Для каждого полигона удавалось подбирать коэффициенты модели для того, чтобы удовлетворительно аппроксимировать спектры. Для других полигонов эти коэффициенты не подходили. Экспериментальные спектры в верхнем слое превышали модельные спектры Гарретта-Манка.

В § 3 рассмотрены результаты исследования сдвиговой неустойчивости течений и генерации пакетов короткопериодных внутренних волн. На реализациях температуры полученных на буйковых станциях повсеместно отмечается прохождение пакетов возмущений. Такие пакеты могут генерироваться, например, в результате разрушения более крупномасштабной волны или разрушения стратифицированного потока со сдвигом скорости. Такими потоками могут быть орбитальные течения в более крупномасштабной волне.

Проведено экспериментальное сравнение изменения амплитуды

колебаний с периодом 30 мин. и числа Ричардсона для измерений в Норвежском море. При приближении числа Ричардсона к критическому значению наблюдался рост амплитуды короткопериодных возмущений, то есть возникновение пакета возмущений.

В § 4 рассматривается периодичность появления пакетов короткопериодных внутренних волн. По данным измерений температуры в верхнем слое эксперимента ПОЛИМОДЕ полосовым фильтром были выделены колебания с периодом около часа. По огибающим таких рядов рассчитывались спектры. На спектрах очень часто присутствуют всплески, соответствующие периодичности, близкой к инерционной. Сопоставление фаз квазиинерционной волны с амплитудами короткопериодных колебаний показывает, что у последних амплитуда возрастает всегда в определенной фазе квазиинерционной волны. Аналогичные зависимости обнаружены и в других районах океана.

Предложена гипотеза о том, что пакеты короткопериодных волн в открытом океане возникают с периодичностью инерционных колебаний в результате разрушения квазиинерционных внутренних волн.

Предложенная гипотеза механизма образования пакета короткопериодных волн за счет разрушения квазиинерционных волн может явиться значительным фактором подпитки энергией внутренних волн. Океан черпает энергию из атмосферы в диапазон колебаний околоинерционного периода. Затем они достигая некоторых критических параметров разрушаются и питают более высокочастотный диапазон волн, поддерживая таким образом фоновое состояние спектра. Передача энергии из атмосферы короткопериодным волнам происходит не напрямую, а через промежуточную ступень в виде квазиинерционных колебаний.

В § 5 рассмотрено влияние потока с горизонтальным сдвигом скорости на короткопериодные внутренние волны. Измерения показы-

вают, что спектры, полученные на экваторе значительно отличаются от спектров в других районах. На экваторе их вид мало меняется по вертикали. Дисперсии колебаний выше. Вертикальная когерентность и когерентность между течениями и температурой выше. Это означает, что колебания в большей степени определяются волновыми процессами, поскольку колебания различных параметров функционально связаны.

Причины отличия колебаний на экваторе следует искать в присутствии там сильных струйных течений типа Кромвеля и экстремальных его градиентов.

В связи с этим предложена модель о поведении волны на течении с горизонтальным сдвигом скорости. Волна набегаёт под некоторым углом на течение. Задача сводится к определению зависимости решения от координаты. Задача решалась численно. Получено, что в зависимости от скорости потока изменяются волновое число и амплитуда. Этот численный эксперимент демонстрирует усиление внутренних волн за счёт горизонтальных градиентов течения.

В § 6 рассмотрены внутренние волны в прибрежной полосе Черного моря. Измерения в шельфовой зоне бесприливного моря показывают, что частотный спектр при таких измерениях не достигает модельного уровня Гарретта-Манка. Это объясняется тем, что в короткопериодный диапазон волн поступает меньше энергии от низкочастотного диапазона, чем в открытом океане. Во время этих измерений, проведенных в 1967 году произведено одно из первых наблюдений цугового распространения короткопериодных волн.

В заключении подводятся итоги исследования, формулируются результаты и выводы работы.

Основные результаты диссертации содержатся в следующих работах:

1. Бышев В.И., Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Исследование флуктуаций температуры в диапазоне частот внутренних гравитационных волн. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1971, т. 7, № 1, с. 41-49.
2. Морозов Е.Г., Плахин Е.А. Некоторые результаты анализа температурных колебаний на гидрофизическом полигоне в тропической Атлантике. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1973, т. 9, № 8, с. 890-892.
3. Миравель А.П., Морозов Е.Г., Плахин Е.А. Некоторые особенности вертикальной структуры температуры тропической части северной Атлантики. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1973, т. 9, № 9, с. 984-988.
4. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Анализ колебаний температуры воды в верхнем слое океана. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1973, т. 9, № 10, с. 1069-1076.
5. Морозов Е.Г. Экспериментальное исследование разрушения внутренних волн. Океанология, 1974, т. 14, № 1, с. 25-29.
6. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Деформация внутренних гравитационных волн потоком с горизонтальным сдвигом скорости. - Океанология, 1974, т. 14, № 3, с. 457-461.
7. Морозов Е.Г. Экспериментальное исследование флуктуаций температуры в верхнем слое западной части Тихого океана. - Океанология, 1974, т. 14, № 4, с. 602-606.
8. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Исследование флуктуаций температуры на приливном и инерционном периодах. - Сб. Атлантический гидрофизический полигон-70. М., Наука, 1974, с. 229-235.
9. Бышев В.И., Морозов Е.Г., Плахин Е.А. О длиннопериодных колебаниях температуры в тропической Атлантике. - Сб.

- Атлантический гидрофизический полигон-70. М., Наука, 1974, с. 221-228.
10. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г., Самодуров А.С. Внутренние гравитационные волны в океане. - Сб. Исследование изменчивости гидрофизических полей в океане. М., Наука, 1974, с. 91-98.
11. Морозов Е.Г., Плахин Е.А. Некоторые аспекты измерения флуктуаций температуры в океане. - Океанологические исследования, 1975, № 27, с. 66-71.
12. Морозов Е.Г., Плахин Е.А., Шаповалов С.М. Исследование флуктуаций температуры в северо-западной части Тихого океана в диапазоне частот внутренних гравитационных волн. - Океанология, 1976, т. 16, № 1, с. 61-66.
13. Морозов Е.Г., Плахин Е.А., Шаповалов С.М. Временная и пространственная изменчивость поля температуры в экваториальной зоне Индийского океана. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1976, т. 12, № 3, с. 302-311.
14. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Исследование колебаний скорости течения и температуры с периодами, близкими к инерционному. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1977, т. 13, № 2, с. 180-186.
15. Морозов Е.Г., Нейман В.Г., Плахин Е.А. Особенности термической структуры в районе Антило-Гвианского противотечения. - Океанологические исследования, 1977, № 25, с. 43-53.
16. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. Анализ колебаний температуры и течений в диапазоне короткопериодных внутренних гравитационных волн. - Океанологические исследования, 1977, № 25, с. 54-60.

17. Морозов Е.Г., Плахин Е.А., Шаповалов С.М. Исследование изменчивости температурного поля в экваториальной зоне Индийского океана. - Сб. Гидрология Индийского океана, М., Наука, 1977, с. 127-135.
18. Морозов Е.Г., Плахин Е.А., Самодуров А.С. К вопросу о генерации цугов короткопериодных внутренних волн. - Сб. Гидрология Индийского океана. М., Наука, 1977, с. 136-139.
19. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г. О полумесячном неравенстве внутренних волн приливного периода. - ДАН СССР, 1977, т. 236, № 3, с. 733-735.
20. Морозов Е.Г., Шаповалов С.М. О генерации короткопериодных внутренних волн сдвиговой неустойчивостью течений. - Океанология, 1977, т. 17, № 2, с. 207-209.
21. Морозов Е.Г., Филатова Л.П. О горизонтальной когерентности полусуточных колебаний температуры на полигоне-70. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1978, т. 14, № 3, с. 340-342.
22. Морозов Е.Г., Самодуров А.С., Лиманская Л.И., Филатова Л.П. Исследование суточных и полусуточных колебаний температуры. - Океанологические исследования, 1979, № 30, с. 63-73.
23. Голенко Н.Н., Морозов Е.Г., Самодуров А.С. Временная изменчивость амплитуд полусуточных колебаний температуры. - Океанологические исследования, 1979, № 30, с. 74-77.
24. Морозов Е.Г., Самодуров А.С., Филатова Л.П. Разделение полусуточных колебаний температуры, определяемых баротропным приливом и внутренними волнами. - Океанологические исследования, 1979, № 30, с. 78-81.
25. Лиманская Л.И., Морозов Е.Г., Самодуров А.С. Изучение колебаний температуры с инерционным и суточным периодом. -

43. Морозов Е.Г. Пространственные характеристики полусуточных внутренних волн на "Мезополигоне". - Сб. Гидрофизические исследования по программе "Мезополигон", М., Наука, 1988, с. 144-146.
44. Морозов Е.Г. Горизонтальная изменчивость инерционных колебаний на "Мезополигоне". - Сб. Гидрофизические исследования по программе "Мезополигон". М., Наука, 1988, с. 138-143.

60x90/16
Печ.л.2,2.

T-21203.
Зак.№ 79.

Подписано к печати 27.12.1988 г.
Тираж 100.

Институт океанологии им.П.П.Ширшова Академии наук СССР
Москва, ул.Красикова, дом 23.

- Океанологические исследования, 1979, № 30, с. 89-92.
26. Самодуров А.С., Морозов Е.Г. Исследование цуговой структуры короткопериодных колебаний температуры. - Океанологические исследования, 1979, № 30, с. 93-96.
27. Морозов Е.Г., Самодуров А.С., Усыченко И.Г. Исследование влияния горизонтальных градиентов температуры на измерения флуктуаций температуры на буйковых станциях. - Океанологические исследования, 1980, № 31, с. 73-77.
28. Морозов Е.Г., Никитин С.В. Дисперсионное соотношение для внутренних гравитационных волн и их вертикальная структура в районе ПОЛИМОДЕ. - Океанологические исследования, 1981, № 34, с. 78-84.
29. Морозов Е.Г., Никитин С.В. Исследование направленности внутренних волн приливного периода на полигоне-70. - Океанология, 1981, т. 21, № 2, с. 239-243.
30. Иванов Ю.А., Морозов Е.Г., Никитин С.В., Самодуров А.С. Спектр колебаний температуры в окрестности инерционной частоты по данным ПОЛИМОДЕ. - Океанологические исследования, 1983, № 35, с. 55-60.
31. Морозов Е.Г., Самодуров А.С. Исследование временной изменчивости полусуточных внутренних волн на полигоне ПОЛИМОДЕ. - Океанологические исследования, 1983, № 35, с. 61-63.
32. Морозов Е.Г. Исследование спектров течений и температуры по девятимесячным измерениям в западной Атлантике. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1983, т. 19, № 10, с. 1102-1105.
33. Морозов Е.Г., Никитин С.В. Распространение внутренних приливных волн в районе с меняющимся рельефом дна. - Океанологические исследования, 1983, № 36, с. 44-49.

34. Морозов Е.Г., Никитин С.В. Выделение и анализ бароклиной составляющей полусуточных колебаний течений. - Океанологические исследования, 1983, № 36, с. 55-61.
35. Морозов Е.Г. Исследование инерционных колебаний в западной Атлантике. - Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1984, т. 20, № 2, с. 217-220.
36. Мельников В.А., Морозов Е.Г., Никитин С.В. Исследование внутренних гравитационных волн с помощью обрывных термозондов. - Океанологические исследования, 1984, № 7, с. 69-76.
37. Морозов Е.Г., Никитин С.В., Шаповалов С.М., Щербаков А.Н. Реакция океана на прохождение тайфунов. - Океанологические исследования, 1984, № 37, с. 60-68.
38. Морозов Е.Г., Никитин С.В. Пространственный спектр для полусуточных внутренних волн в северо-западной части Тихого океана. - Океанологические исследования, 1984, № 38, с. 31-35.
39. Морозов Е.Г. Океанские внутренние волны. - М., Наука, 1985, 152 с.
40. Морозов Е.Г., Никитин С.В., Шаповалов С.М. Мезомасштабная изменчивость по измерениям на буйковых станциях в Ново-Зеландском районе Южного океана. - Океанологические исследования, 1985, № 39, с. 53-64.
41. Морозов Е.Г. Генерация внутренних приливов на подводных хребтах. - Океанологические исследования, 1988, № 41, с. 55-67.
42. Морозов Е.Г. Исследования модового состава полусуточных внутренних волн. - Океанологические исследования, 1988, № 41, с. 68-72.