

1003

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

МИХАЛЕЧКО КРИЙ ЕФИМОВИЧ

УДК 551.465.62(261.4)

МЕЗОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ  
ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

И.00.08 - океанология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

МОСКВА - 1987

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Одесском отделении Государственного океанографического института

Научные руководители: кандидат технических наук, старший научный сотрудник В.Х. Герман; кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Ю.Д. Реснянский

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор К.Н. Федоров (ИО АН СССР); кандидат географических наук, старший научный сотрудник В.Н. Большаков (ВНИИГМИ-МЦД)

Ведущая организация : Всесоюзный научно-исследовательский институт географии и океанографии

Защищено в Совете Института 1977 г. в "Одесском океанографическом институте" (6)

С диссертацией Государственный

Автореферат

Ученый сектор, канцелярия, канцелярия

Актуальность исследования. На современном этапе развития физической океанологии, когда достаточно хорошо исследованы и освещены в литературе (Бурков, 1980; Монин, Каменкович, Корт, 1974; Монин, Озмидов, 1981; Степанов, 1974; Суховой, 1977) как крупномасштабная так и мелкомасштабная изменчивость гидрофизических полей, отмечается недостаточная изученность закономерностей пространственной изменчивости полей температуры и солености в интервале масштабов от нескольких километров до нескольких сотен километров. Данное обстоятельство прежде всего было связано с тем, что традиционные методы исследований позволяли выполнять океанографические станции в лучшем случае через 30-60 миль друг от друга. Такое пространственное разрешение не дает возможности описывать даже стокилометровые неоднородности изучаемых гидрофизических полей, не говоря уже о меньших масштабах.

Внедрение в практику океанографических работ малоинерционных зондирующих и буксируемых приборных комплексов и систем позволило, в отличие от традиционных методов наблюдений, начать исследования пространственной изменчивости гидрофизических полей мезомасштабного диапазона. При изучении изменчивости полей температуры и солености работы велись по двум направлениям. Одни исследования (Богуславский, Озмидов, 1981; Краснопецев, Федоров, 1978; Науменко, 1975) были направлены на изучение статистических характеристик изменчивости термохалинных полей, другие (Гинзбург, Федоров, 1982; Краснопецев, Виноградова, Кузьмина, 1977; Краснопецев, Федоров, 1979; Федоров, 1983) - на изучение физической природы мезомасштабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя океана. Значительные успехи были достигнуты при изучении физических процессов, вызывающих термохалинные возмущения в приповерхностном слое океана. Понимание физической природы термохалинной изменчивости нашло отражение в разработке математических моделей, позволяющих проследить эволюцию поля температуры в приповерхностном слое океана (Коснырев, 1983; Куфтарков, Коснырев, 1977; Нелепо, Куфтарков, Коснырев, 1978).

Вместе с тем, к настоящему времени накопилось не так уж много наблюдений, которые позволяют судить о географическом распределении тех или иных статистических характеристик мезомасштабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя океана. Кроме того, фрагментарность количественных оценок мезомас-

ВНИРО  
№ 1205  
Библиотека

штабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя Северной Атлантики может являться одной из причин несовершенства теоретических моделей прогноза термической структуры деятельного слоя океана. Изучение мезомасштабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя океана также находится в прямой связи с проблемой поиска новых перспективных рыбопромысловых районов в открытых частях Северной Атлантики.

Цель и задачи работ. Цель работы заключалась в изучении закономерностей мезомасштабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя северной части Атлантического океана. Для этого были поставлены следующие задачи:

- установить закономерности пространственного распределения и сезонной изменчивости параметров мезомасштабных неоднородностей температуры и солености (дисперсия температуры  $\delta_T^2$  и солености  $\delta_S^2$ );

- уточнить особенности взаимосвязи температурных и соленостных неоднородностей в различных физико-географических условиях;

- оценить характерный масштаб термохалинных неоднородностей приповерхностного слоя океана;

- определить повторяемость мезомасштабных фронтальных зон в различных регионах океана;

- оценить точность построения полей температуры поверхностного слоя океана Гидрометцентром СССР по данным оперативных судовых гидрометеорологических наблюдений.

Научная новизна. В работе на основании многократных единообразно выполненных и обработанных измерений температуры и солености с дискретностью одна морская миля показаны и уточнены особенности термохалинной изменчивости мезомасштабного диапазона на значительной акватории северной части Атлантического океана. Выполненные исследования базируются на экспериментальных данных измерений температуры и солености в приповерхностном слое океана на ходу судна, которые проводятся на научно-исследовательских судах погоды Государственного океанографического института (ГОИН) с помощью системы регистрации, разработанной на базе измерительного комплекса "зонд-батометр" при непосредственном участии автора.

В работе создана информационно-поисковая система, позволяющая автоматизировать обработку, контроль, занесение и хранение результатов измерений температуры и солености на долговременных магнитных носителях ЕС ЭВМ. Информационно-поисковая система вклю-

чает более 150 регистраций температуры и солености с дискретностью одна морская миля вдоль стандартных океанографических разрезов и переходов протяженностью от 600 до 4000 км.

Практическая ценность. Результаты диссертационной работы нашли применение в оперативной практике при планировании и проведении экспедиционных исследований. Кроме того, они могут быть использованы для дальнейшей реорганизации исследований в океане с целью повышения эффективности экспедиционных работ и улучшения качества наблюдений.

Разработанная система регистрации температуры и солености приповерхностного слоя воды на ходу судна кроме научно-исследовательских судов погоды ГОИН может найти применение и на других НИС Госкомгидромета. Это позволит получить сведения о мезомасштабной изменчивости температуры и солености не только в Северной Атлантике, но и в других регионах Мирового океана.

Фактический материал. В основу работы положены данные измерений температуры и солености в приповерхностном слое океана, выполненные научно-исследовательскими судами погоды ГОИН вдоль стандартных океанографических разрезов и переходов в Северной Атлантике в период с 1980 по 1986 годы.

Апробация работ. Результаты работы докладывались на семинарах лаборатории научно-методических исследований Одесского отделения ГОИН (1982-1986 гг.), семинарах отдела динамики ГОИН (1983-1987 гг.), итоговой сессии Ученого совета Одесского отделения ГОИН (1985 г.), семинаре отдела морских гидрологических прогнозов Гидрометцентра СССР (1986 г.), второй всесоюзной конференции по исследованию роли энергоактивных зон океана в короткопериодных колебаниях климата (1986 г.), семинаре отдела экспериментальной и космической океанологии Института океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР (1987 г.), во Всесоюзном научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (1987 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, рекомендаций по практическому использованию результатов исследования мезомасштабной изменчивости температуры и солености приповерхностного слоя океана, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 155 страниц машинописного текста, включая список литературы из 89 наименований, 13 таблиц, 29 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, определяются цели и задачи исследования и основные положения выносимые на защиту. Дается краткая характеристика материалов наблюдений, используемых для изучения мезомасштабной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана.

Первая глава диссертации является обзорной. В ней рассматриваются экспериментальные исследования пространственной изменчивости полей температуры и солёности по литературным данным. Особое внимание при этом уделяется мезомасштабному диапазону изменчивости. Классифицируются масштабы пространственной изменчивости гидрофизических полей океана и дается определение мезомасштабной изменчивости термохалинных полей. Рассматриваются возможные источники и физическая природа термохалинной изменчивости.

В разделе I.1 дана классификация пространственно-временных масштабов многообразных физических процессов, протекающих в Мировом океане и создающих неоднородности в распределении характеристик морской воды.

В разделе I.2 рассмотрены экспериментальные исследования мезомасштабной изменчивости температуры и солёности в приповерхностном слое океана, проведенные в последние 10-15 лет. Даны примеры из опубликованных в литературе наблюдений над горизонтальной изменчивостью температуры и солёности. Обращено внимание на то, что значительная часть исследований посвящена изучению изменчивости температуры приповерхностного слоя океана и лишь немногие из них - направлены на изучение изменчивости солёности. Отмечается, что к настоящему времени имеется не так уж много наблюдений, которые позволяют судить о географическом распределении статистических характеристик изменчивости полей температуры и солёности в приповерхностном слое океана в мезомасштабном диапазоне. Если в некоторых работах и выполнены такие оценки, то они относятся к ограниченной акватории океана и основаны на эпизодических наблюдениях. Кроме того, различия методов измерений и обработки данных по термохалинной изменчивости в приповерхностном слое океана в значительной степени затрудняют сравнение результатов наблюдений, опубликованных в литературе.

В разделе I.3 рассматривается физическая природа пространственной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана. Если следовать тому, что основные тепловые источни-

ки имеют преимущественные масштабы соизмеримые с размерами океанов, то они будут создавать крупномасштабное распределение температуры и солёности на поверхности океана. В отсутствие других источников единственным объяснением появления термохалинной изменчивости в мезомасштабном диапазоне является наличие переноса изменения по спектру - от больших масштабов к меньшим, путем дробления крупных неоднородностей на более мелкие. Результаты последних лет свидетельствуют о том, что в динамическую картину термохалинной изменчивости необходимо включать источники изменчивости промежуточных масштабов. Такими источниками могут быть (Краснопевцев, Виноградова, Кузьмина, 1977):

- неоднородность пространственного распределения составляющих теплового баланса;
- влияние осадков и испарения;
- неравномерность ветрового перемешивания;
- воздействие ураганов и тайфунов;
- подъем глубинных вод;
- влияние мезомасштабных вихрей;
- влияние речного стока на распределение приповерхностного слоя воды;
- нестационарность и неоднородность поверхностной термической пленки.

Суммируя результаты экспериментальных наблюдений (Гинзбург, Федоров, 1982; Краснопевцев, Виноградова, Кузьмина, 1977; Федоров, 1983; Voochis, Schroeder, Leetmaa, 1976) и теоретических разработок (Коснырев, 1983; Куфтарков, Коснырев, 1977; Нелепо, Куфтарков, Коснырев, 1978), можно отметить что:

- преобладающее влияние на формирование неоднородностей температуры и солёности в приповерхностном слое океана оказывают мезомасштабные вихри, которые могут рассматриваться как мощные источники изменчивости его мезоструктуры;
- под действием вихревых образований происходит генерация горизонтальных термохалинных неоднородностей с масштабом соответствующим размерам вихрей;
- на перифериях вихревых образований формируются термохалинные фронтальные разделы, которые перемещаются вместе с вихревыми образованиями, претерпевая эволюцию связанную с изменениями конфигурации и напряженности вихревого деформационного поля.

В разделе I.4 рассмотрены экспериментальные средства исследования пространственной изменчивости температуры и солёности.

Во второй главе приводится описание экспериментальной системы регистрации температуры и солёности приповерхностного слоя воды на ходу судна, которая разработана на базе измерительного комплекса "зонд-батометр" при непосредственном участии автора. Первичные преобразователи температуры и электропроводности комплекса "зонд-батометр" помещены в фильтр донного кингстона системы охлаждения главных двигателей и соединены с опускным устройством кабелем. Через фильтр прокачивается забортная вода с горизонта пять метров. Обновление воды в месте расположения первичных преобразователей происходит через пять секунд. Система регистрации, сопряженная с репитером гидродинамического лага МГЛ-25, позволяет автоматически опрашивать первичные преобразователи с заданной дискретностью (0,5, 1,0 или 2,0 морские мили). Точность измерения температуры и солёности составляет  $0,02^{\circ}\text{C}$  и 0,03 % соответственно. Запись исходных данных осуществляется на перфоленту либо магнитную ленту, с последующей обработкой на ЭВМ и накоплением данных на магнитных носителях.

Значительный объем исходных данных, полученных в результате экспедиционных работ в океане, ставит задачи, связанные с организацией доступа к этим данным и их обработкой. Практическое решение этих задач выразилось в создании информационно-поисковой системы и пакетов прикладных программ, позволяющих проводить статистическую обработку данных.

Также в этой главе дана характеристика исходных материалов наблюдений, используемых для анализа мезомасштабной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана, а в конце главы приведены алгоритмы расчета статистических характеристик ее изменчивости.

Третья глава посвящена исследованию горизонтальной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя Северной Атлантики.

В разделе 3.1 по литературным источникам рассмотрены основные закономерности среднего многолетнего распределения температуры и солёности поверхностного слоя океана в различные сезоны года, т.е. дана характеристика гидрологического климата, на фоне которого развиваются процессы меньших пространственно-временных масштабов. Основное внимание уделено климатическому распределению температуры и солёности в районе охваченном измерениями с помощью системы регистрации.

Раздел 3.2 посвящен характеристике горизонтальной изменчивос-

ти температуры и солёности приповерхностного слоя. В нем показано, что на фоне крупномасштабных изменений температуры и солёности отмечаются термохалинные неоднородности различных масштабов. В большинстве случаев они разделены между собой фронтальными зонами, перепады температуры и солёности в которых достигают соответственно  $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$  и  $0,2-0,5\%$ . По результатам наблюдений такие неоднородности вместе с фронтальными зонами смещаются со средней скоростью  $6-10 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$ . Амплитуда неоднородностей температуры и солёности в большинстве случаев не превышает соответственно  $0,6^{\circ}\text{C}$  и  $0,3\%$ . Минимальные значения амплитуды неоднородностей температуры и солёности характерны для тропической климатической зоны, а максимальные - для субтропической и умеренной климатических зон. В целом амплитуда неоднородностей температуры для всей акватории тропической зоны находится в пределах  $0,09-0,12^{\circ}\text{C}$ . Амплитуда возмущений солёности этой зоны не превышает  $0,08\%$  за исключением районов, подвергающихся распресняющему эффекту крупных рек, в которых она может увеличиваться на порядок и достигать  $0,8-0,9\%$ .

Для субтропической климатической зоны характерно увеличение амплитуды неоднородностей температуры и солёности соответственно до  $0,3-0,6^{\circ}\text{C}$  и  $0,10-0,25\%$ . В годовом ходе увеличение амплитуды возмущений температуры и солёности наблюдается в осенне-зимний период, а уменьшение - в летний.

Таковы общие черты пространственной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана, на фоне которых выделяется два типа термохалинной изменчивости. Первый тип изменчивости, как правило, наблюдается в районе крупномасштабных течений, таких как Северо-Атлантическое. Он характеризуется значительным увеличением амплитуды неоднородностей температуры и солёности по сравнению с амплитудой второго типа изменчивости. Летом амплитуда мезомасштабных неоднородностей температуры и солёности изменяется в пределах  $1,0-1,4^{\circ}\text{C}$  и  $0,25-0,50\%$  соответственно. В зимний период, в отличие от летнего сезона, в районе крупномасштабных течений амплитуда термохалинных неоднородностей не превышает  $1,0^{\circ}\text{C}$  и  $0,30\%$ .

Второй тип изменчивости наблюдается в районах, где крупномасштабные течения выражены слабо. Он характеризуется тем, что амплитуда термохалинных неоднородностей не превышает  $0,4-0,5^{\circ}\text{C}$  и  $0,15-0,20\%$  соответственно. Закономерным для второго типа изменчивости является увеличение амплитуды температурных неоднороднос-

тей в зимний период ( $0,4-0,5^{\circ}\text{C}$ ) и уменьшение в летний период ( $<0,25^{\circ}\text{C}$ ). Сезонные изменения амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры, как в субтропической так и в умеренной климатических зонах, хорошо согласуются с сезонными изменениями в распределении крупномасштабных горизонтальных градиентов температуры. Такая согласованность амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры с крупномасштабными горизонтальными градиентами температуры может служить косвенным подтверждением тому, что неоднородности температуры в приповерхностном слое океана обусловлены вихревыми образованиями.

Результаты наблюдений показывают, что мезомасштабные неоднородности температуры и солёности либо положительно, либо отрицательно коррелированы между собой в масштабах от нескольких километров до нескольких десятков и даже сотен километров. Закономерностью пространственной T,S - корреляции является увеличение ее значений с октября по апрель и понижение (даже до отрицательных значений) с мая по сентябрь. В летний период наряду с довольно высокими положительными значениями коэффициентов T,S - корреляции ( $0,8-0,9$ ) отмечается отрицательная T,S - корреляция достигающая величин  $-0,5$ . В осенне-зимний период значения T,S - корреляции менее  $0,3$  не наблюдаются. Причем, если к концу осени значения T,S - корреляции изменяются в пределах  $0,3-0,9$ , то к концу зимы коэффициенты корреляции менее  $0,8$  не отмечаются.

Такие различия в пространственной по горизонтали согласованности температуры и солёности сопровождаются различиями вертикального распределения этих характеристик. Анализ показал, что вертикальные градиенты температуры под однородным слоем в летний период всегда отрицательны. Что касается солёности, то здесь выделяется три случая:

- при увеличении солёности с глубиной под однородным слоем T,S - корреляция характеризуется наибольшими значениями ( $0,8-0,9$ );
- при уменьшении солёности с глубиной под однородным слоем T,S - корреляция характеризуется наименьшими значениями ( $-0,5$ );
- при неизменных значениях солёности с глубиной под однородным по температуре слоем T,S - корреляция характеризуется пониженными (но не отрицательными) величинами ( $\sim 0,5$ ). В первом случае горизонтальные градиенты температуры и солёности под однородным слоем имеют один и тот же знак, а во втором и третьем - различные знаки. Поэтому в одних случаях волновое перемешивание будет приводить к увеличению T,S - корреляции, а в других - к умень-

шению вплоть до отрицательных значений.

В осенне-зимний период с усилением волнового и конвективно-го перемешиваний различия в вертикальном распределении температуры и солёности, которые отмечались летом, сглаживаются. В этот период вертикальные и горизонтальные градиенты температуры и солёности под однородным слоем совпадают по знаку, а T,S - корреляция на поверхности океана характеризуется максимальными значениями ( $\sim 0,96$ ).

В разделе 3.3 рассмотрены параметры мезомасштабных фронтальных зон и их особенности пространственного распределения. Для выделения фронтальных зон принят критерий  $|\Gamma_{\varphi}(T)| \geq 0,1$  град $\cdot$ км $^{-1}$ . Здесь  $\Gamma_{\varphi}(T)$  - горизонтальный градиент температуры. Исходя из данного критерия определена ширина фронтальных зон, средние и максимальные градиенты температуры и солёности, число фронтальных зон с положительной и отрицательной T,S - корреляцией, среднее расстояние между фронтальными зонами.

Ширина мезомасштабных фронтальных зон в большинстве случаев находится в пределах  $4-8$  км и гораздо реже  $10-14$  км. Средние градиенты температуры и солёности во фронтальных зонах не превышают  $0,25$  град $\cdot$ км $^{-1}$  и  $0,07$  промилле $\cdot$ км $^{-1}$ , максимальные -  $0,58$  град $\cdot$ км $^{-1}$  и  $0,43$  промилле $\cdot$ км $^{-1}$ . В целом температура и солёность в этих зонах положительно коррелированы между собой. Однако в летний период могут отмечаться фронтальные зоны и с отрицательной T,S - корреляцией. Причем отмечается тенденция к увеличению повторяемости фронтальных зон с отрицательной T,S - корреляцией к концу летнего сезона. Среднее расстояние между фронтальными зонами в субтропической климатической зоне находится в пределах  $110-180$  км.

В разделе 3.4 оценивается точность построения полей температуры поверхностного слоя океана Гидрометцентром СССР по данным оперативных судовых гидрометеорологических наблюдений. Показано, что карты температуры поверхностного слоя воды удовлетворительно отражают ее крупномасштабную изменчивость. Основной вклад в погрешность представления поля температуры такими картами вносит мезомасштабная составляющая. Средние квадратические ошибки построения полей температуры находятся в пределах  $0,3-0,7^{\circ}\text{C}$ . Отмечено, что в летний период ошибки построения полей температуры уменьшаются, а в зимний период - увеличиваются.

В четвертой главе приведены спектральные характеристики пространственной изменчивости температуры и солёности приповерхност-

ного слоя океана. Показано, что совокупность кривых спектральной плотности температуры и солёности монотонно спадает в сторону увеличения волнового числа (уменьшения масштабов), что может быть следствием передачи энергии от больших масштабов к меньшим. Характер изменения спектров температуры и солёности, соответствующих зональным или меридиональным направлениям, не имеет выраженных различий. Общим для всех спектров является то, что ни один из них не имеет статистически обеспеченных локальных экстремумов, соответствующих "энергонесущим масштабам".

Проводя вычисления функций спектральной плотности либо температуры, либо солёности по отдельным реализациям в конечном итоге получаются оценки спектра вдоль выбранного направления. На этих спектрах локальные максимумы спектральной плотности, рассматриваемых характеристик, проявляются в различных частях и не являются статистически обеспеченными. В случае изотропного поля такие максимумы не будут характеризовать истинный "энергонесущий масштаб", так как в конечном итоге кривая спектральной плотности является проекцией волнового вектора на выбранное направление. Поэтому при осреднении нескольких реализаций локальные максимумы спектральной плотности подавляются и в конечном итоге получается монотонно спадающий вид спектра. В таких случаях оценить "энергонесущий масштаб" двумерного изотропного поля можно по двум его сечениям (Коняев, 1981).

Результаты оценки пространственных спектров термохалинных неоднородностей по методу сечений показывают, что энергонесущие пики соответствуют длинам волн 256-333 км. Если предположить, что длина волны равна удвоенному диаметру неоднородностей, то характерный масштаб термохалинных неоднородностей будет находиться в пределах 128-167 км. Аналогичные оценки получены при определении характерных масштабов термохалинных неоднородностей по автокорреляционным функциям (120-140 км).

Температурные неоднородности в весенне-летний период, как правило, несколько крупнее солёностных неоднородностей. Осенью с усилением волнового и конвективного перемешиваний такие различия в пространственных размерах термохалинных неоднородностей выравниваются. Также отмечается некоторая связь пространственных размеров термохалинных неоднородностей с их амплитудой, т.е. с увеличением размеров неоднородностей увеличивается их амплитуда.

Проведенный анализ пространственной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана дает основание утверж-

дать, что термохалинные неоднородности в мезомасштабном диапазоне связаны с динамическими причинами. С одной стороны, составляющие теплового баланса, осадки и испарение являются теми источниками, под действием которых формируются климатические распределения гидрологических полей приповерхностного слоя океана. С другой стороны, на фоне их климатических распределений происходят изменения температуры и солёности меньших масштабов, которые обусловлены динамикой вод. Подобие температурных и солёностных спектров в диапазоне масштабов от 25 до 200 км указывает на общность механизмов формирования термохалинных неоднородностей, где доминирующую роль играют, по-видимому, мезомасштабные (синоптические) возмущения. Вихревые образования, как показывают данные экспериментальных исследований и теоретических разработок, вызывают возмущения в полях температуры и солёности приповерхностного слоя океана. На перифериях вихревых образований в результате горизонтальной адвекции вод происходит генерация термохалинных фронтальных зон, перепад температуры и солёности в которых может достигать 1,0-1,5°C и 0,2-0,5 ‰ соответственно на расстоянии 4-10 км. Такое пространственное распределение температуры и солёности в приповерхностном слое океана отмечается на всех разрезах и переходах. Кроме того, отмечается, что величина перепада температуры в мезомасштабных фронтальных зонах, а также амплитуда неоднородностей температуры зависят от крупномасштабного градиента температуры. Показано, что амплитуда неоднородностей температуры имеет сезонный ход. Также сезонные изменения проявляются и в распределении крупномасштабных горизонтальных градиентов температуры. Взаимосвязь амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры с крупномасштабным градиентом температуры свидетельствует о том, что неоднородности температуры и солёности в приповерхностном слое океана обусловлены вихревыми образованиями.

Коротковолновая часть спектра (4-25 км) подчеркивает важную деталь термохалинной структуры приповерхностного слоя океана. В этом диапазоне масштабов угол наклона спектра температуры увеличивается, а - спектра солёности уменьшается. Это говорит о том, что неоднородности температуры, соответствующие таким масштабам, сглаживаются гораздо быстрее, чем неоднородности солёности. Поэтому угол наклона спектра температуры будет больше чем угол наклона спектра солёности.

На основании оценки пространственных спектров температуры и солёности получено, что характерные масштабы термохалинных неодно-

родностей находятся в пределах 130-170 км. Если предположить, что эти неоднородности обусловлены вихревыми образованиями соответствующих размеров, то на их перифериях должны в результате горизонтальной адвекции вод возникать термохалинные фронтальные зоны. Анализ пространственного распределения температуры и солёности в приповерхностном слое океана показал, что среднее расстояние между фронтальными зонами составляет 110-180 км, т.е. эти результаты находятся в хорошем соответствии с результатами оценки термохалинных неоднородностей.

В работе также изложены рекомендации по практическому применению результатов анализа мезомасштабной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя океана, которые направлены на повышение эффективности экспедиционных работ и улучшение качества наблюдений. Обоснован выбор дискретности измерений (25 км) при изучении мезомасштабной изменчивости термохалинных полей. Также показано, что пространственная изменчивость температуры и солёности доминирует над временной как в высокоградиентных, так и малоградиентных зонах океана в течении одной и двух недель соответственно. Поэтому экспедиционные исследования, выполненные в течение такого периода времени, можно рассматривать как пространственные.

В заключении сформулированы основные научные результаты, полученные в диссертации:

1. Разработка и внедрение системы регистрации температуры и солёности приповерхностного слоя воды на ходу судна с дискретностью одна морская миля позволили создать информационную базу данных на магнитных носителях, которая послужила основой для анализа мезомасштабной изменчивости температуры и солёности приповерхностного слоя Северной Атлантики.

2. Показано, что на фоне крупномасштабных изменений температуры и солёности в приповерхностном слое океана отмечаются термохалинные неоднородности различных масштабов, которые разделены между собой мезомасштабными фронтальными зонами. Ширина этих зон в большинстве случаев находится в пределах 4-10 км, а перепады температуры и солёности достигают соответственно 1,0-1,5°C и 0,2-0,5‰.

3. Проведено районирование по характеру изменения амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры и солёности, в результате которого выделено два типа термохалинной изменчивости. Первый тип изменчивости, как правило, наблюдается в районе крупно-

масштабных течений и характеризуется значительным увеличением амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры и солёности (до 1,0-1,4°C и 0,25-0,50‰) по сравнению с амплитудой второго типа изменчивости. Второй тип термохалинной изменчивости отмечается в районах, где крупномасштабные течения слабо выражены. Он характеризуется значениями амплитуды термохалинных неоднородностей, которые не превышают 0,4-0,6°C и 0,15-0,20‰ соответственно.

4. В субтропической климатической зоне океана выявлены сезонные изменения амплитуды мезомасштабных неоднородностей температуры и солёности. Показано, что максимальные значения амплитуды термохалинных неоднородностей в районе Северо-Атлантического течения отмечаются летом (1,4°C и 0,5‰), а минимальные - зимой (1,0°C и 0,25‰). Районы океана, где крупномасштабные течения выражены слабо, характеризуются тем, что максимальные значения амплитуды неоднородностей температуры и солёности наблюдаются зимой (0,6°C и 0,2‰), а минимальные - летом (0,3°C и 0,1‰).

5. Результаты наблюдений показывают, что закономерностью пространственной T, S - корреляции является увеличение ее значений с октября по апрель и понижение (даже до отрицательных величин) с мая по сентябрь. В летнее время наряду с высокими положительными коэффициентами T, S - корреляции (0,8-0,9) отмечаются отрицательные значения T, S - корреляции достигающие -0,5. В осенне-зимний период значения T, S - корреляции менее 0,3 не наблюдаются. Отмечено, что различия в согласованности температуры и солёности в приповерхностном слое океана сопровождаются различиями вертикального распределения этих характеристик.

6. Подобие температурных и солёностных спектров в диапазоне масштабов от 25 до 200 км указывает на общность механизмов формирования термохалинных неоднородностей, где доминирующую роль, по-видимому, играют мезомасштабные (синоптические) вихри.

7. На основании оценки пространственных спектров температуры и солёности по методу сечений получено, что характерные масштабы термохалинных неоднородностей изменяются в пределах 130-170 км. Если эти неоднородности обусловлены вихревыми образованиями, то на их перифериях должны в результате адвекции вод возникать термохалинные фронтальные зоны. Анализ горизонтального распределения температуры и солёности в приповерхностном слое океана показал, что среднее расстояние между фронтальными зонами составляет 110-180 км, т.е. эти результаты находятся в хорошем соответствии с результатами оценки термохалинных неоднородностей.



8. В диапазоне масштабов от 4 до 25 км отмечается увеличение угла наклона функций спектральной плотности температуры, а в спектре солёности - уменьшение. Это обстоятельство может служить указанием на то, что в процессе дробления крупномасштабных полей неоднородности температуры, соответствующие таким масштабам, сглаживаются гораздо быстрее, чем неоднородности солёности.

9. Отмечено, что карты поверхностного слоя океана, составляемые Гидрометцентром СССР по оперативным судовым гидрометеорологическим наблюдениям, удовлетворительно отражают крупномасштабную составляющую поля температуры. Основной вклад в погрешность, представляемых полей температуры, вносит мезомасштабная составляющая. Средние квадратические ошибки построения полей температуры находятся в пределах 0,3-0,7°C. При этом в летний период ошибки построения полей температуры уменьшаются, а в зимний период - увеличиваются.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Гришаков Ф.Ф., Реснянский Ю.Д., Михалечко Ю.Е. Горизонтальная изменчивость температуры и солёности поверхностного слоя воды в северо-восточной части Атлантического океана. - Тезисы докладов второго всесоюзного съезда океанологов. Физика и химия океана. Выпуск I. Севастополь, Изд. МГИ, 1982, с.124-125.

2. Реснянский Ю.Д., Гришаков Ф.Ф., Михалечко Ю.Е. Пространственная изменчивость температуры и солёности поверхностного слоя Северной Атлантики по наблюдениям с движущегося судна. - Океанология, 1983, т. 23, № I, с. 50-56.

3. Гришаков Ф.Ф., Михалечко Ю.Е. Система непрерывной регистрации температуры и солёности поверхностного слоя морской воды на полном ходу судна. - Тезисы докладов всесоюзного совещания-семинара по обмену опытом планирования, организации и проведения экспедиционных исследований Мирового океана. Владивосток, Изд. ДВНИИ, 1983, с. 46-47.

4. Грузинов В.М., Гинкул В.Г., Гудзь П.К., Михалечко Ю.Е. Некоторые черты мезомасштабной изменчивости полей температуры и солёности в районе субполярного гидрологического фронта Северной Атлантики. - В сб.: Исследование процессов взаимодействия океана и атмосферы. /Под ред. С.С. Лаппо. М., Гидрометеиздат, 1984, с. 191-200.

*С.С. Лаппо*

БФ 02070. Подл. к печати 10.03.87 г. Формат 60 x 84 1/16.  
Объём 0,75 уч.изд.л., 1,0 п. л. Заказ № 1279, Тираж 100 экз.  
Гортинография Одесского облполиграфиздата, цех № 3,  
Ленина, 49.