

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АВЕРКИЕВ
Александр Сергеевич

УДК 551.465.7

**СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕРХНЕГО
КВАЗИОДНОРОДНОГО СЛОЯ В ЭНЕРГОАКТИВНОЙ
ЗОНЕ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ**

(по результатам численного моделирования)

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 11.00.08 — ОКЕАНОЛОГИЯ

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

ЛЕНИНГРАД — 1984

Работа выполнена в Ленинградском гидрометеорологическом институте.

Научный руководитель —
профессор, доктор физико-математических наук Б. А. КАГАН

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук Д. В. ЧАЛИКОВ
кандидат географических наук К. С. ПОМЕРАНЕЦ

Ведущая организация — Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

Защита дисс.
в 15 часов
совета (Д.063)
по присужде-
нию орденов

1984 г.
ученого
института
специаль-

С диссер-
195196, г. Ле

адресу:

Авто

Уче
специали
доцент, к
м

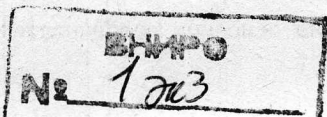
КАРЛИН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В формировании короткопериодных (от сезона до года) изменений климата участвует деятельный слой (ДС) океана толщиной порядка 0,5 км. Надлежащей информации о нем в масштабах всего Мирового океана в настоящее время нет, и, по-видимому, не будет в ближайшие годы. Поэтому не остается ничего другого, как сосредоточить усилия на исследовании сравнительно небольших районов океана, оказывающих наиболее сильное влияние на процессы в атмосфере.

В результате многочисленных наблюдений в Мировом океане были выделены зоны, в которых интенсивность обмена энергией между океаном и атмосферой превышает средние фоновые значения в 2-3 раза. Эти зоны были названы энергоактивными. Концепция энергоактивных зон океана (ЭАЗО) лежит в основе разрабатываемой академиком Г.И. Марчуком и его сотрудниками теории климата и национальной программы "Разрезы".

В настоящей работе в качестве объекта исследований была выбрана энергоактивная зона Гольфстрим, расположенная в западной части Северной Атлантики между параллелями 30° и 40° с.ш. и меридианами 60° и 75° з.д. В ЭАЗО Гольфстрим важную роль в формировании термического режима ДС играет адвективный перенос тепла. Здесь имеют место экстремальные амплитуды внутригодовой изменчивости потоков тепла, импульса и температуры поверхности океана. Ее отличает также существенная незональность пространственного распределения температуры поверхности океана. Все эти особенности делают район ЭАЗО Гольфстрим не только практически важным, но и одним из самых интересных объектов исследования.



Цель и задачи работы. Основной целью диссертационной работы является исследование сезонной эволюции верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в энергоактивной зоне Гольфстрим. Ее достижение требует решения следующих задач:

разработать адвективную модель деятельного слоя океана, обеспечивающую выполнение закона сохранения тепла и тем самым позволяющую воспроизвести сезонную изменчивость характеристик ВКС в рассматриваемом районе океана;

испытать возможности модели по данным натурного эксперимента, специально предназначенного для проверки моделей ВКС, и данным наблюдений в районе ЭАЗО Гольфстрим;

воспроизвести пространственно-временную изменчивость характеристик ВКС в районе ЭАЗО Гольфстрим;

выявить основные закономерности изменчивости характеристик ВКС в этом районе для средних многолетних и аномальных условий.

Научная новизна результатов. Предложена адвективная модель деятельного слоя океана, воспроизводящая с достаточной точностью эволюцию характеристик ВКС в районе с сильной адвекцией тепла и аномальными термическими и динамическими условиями на поверхности океана.

Выполнено испытание модели для синоптического и сезонного масштабов времени. Показано, что для синоптических масштабов времени адвективным переносом тепла можно пренебречь, тогда как для сезонных масштабов времени его необходимо учитывать.

Произведена оценка вклада горизонтальной и вертикальной адвекции тепла в формирование термического режима деятельного слоя океана.

Исследованы и объяснены основные особенности пространственно-

временной изменчивости характеристик ВКС в ЭАЗО Гольфстрим.

С помощью "обратного метода" (модифицированного варианта динамического метода) получено поле меридиональной составляющей скорости геострофического течения в Северной Атлантике, необходимое для расчета вертикального упорядоченного переноса тепла в деятельном слое (ДС) океана.

Практическая ценность. Предложенная в работе адвективная модель ВКС лишена ограничений локальных интегральных моделей и по своей экономичности не уступает последним: время, затрачиваемое на расчет одного годового цикла в 49 узловых точках области составляет ~ 1 мин. на ЭВМ БЭСМ-6.

Модель, модифицированная применительно к случаю синоптической изменчивости и испытанная по данным натурного эксперимента *MILE* (Davis R.E. и др., 1981), успешно применялась для воспроизведения термического режима ДС в различных точках Северной Атлантики.

Отмеченные обстоятельства свидетельствуют о возможности использования модели при исследовании процессов формирования и изменчивости теплового состояния деятельного слоя океана, при разработке методов краткосрочного и среднесрочного прогноза погоды и при моделировании крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана.

Составленная программа вычисления скорости геострофического течения "обратным методом" применялась для анализа поля скорости течения в Баренцевом море и в Южном полярном бассейне.

Автор выносит на защиту:

1. Адвективную модель верхнего квазиоднородного слоя океана, являющуюся обобщением локальной версии модели, разработанной в ЛОИОАН.

2. Результаты испытания модели в синоптическом и сезонном масштабах времени.

3. Результаты расчета скорости геострофического течения в Северной Атлантике, полученные с помощью "обратного метода".

4. Результаты расчета сезонной эволюции ВКС в районе ЭАЗО Гольфстрим.

5. Анализ основных особенностей пространственно-временной изменчивости характеристик ВКС в районе ЭАЗО Гольфстрим.

Апробация работы. Результаты и выводы настоящей работы изложены в статьях автора, список которых приведен в конце автореферата. Отдельные части работы докладывались на итоговой сессии Ученого Совета ЛГМИ в 1983г. и на IV Всесоюзной конференции "Мировой океан" (г.Владивосток, 1983г.). В полном объеме диссертация докладывалась на семинаре кафедры динамики океана ЛГМИ в октябре 1984г. Отдельные результаты и разработки, предложенные в диссертационной работе, внедрены в разделы госбюджетных тем ЛГМИ. Они были также использованы в учебном процессе при подготовке лабораторного практикума по курсу "Взаимодействие океана и атмосферы" и при выполнении курсовых и дипломных проектов студентов IV-У курсов ЛГМИ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем работы составляет 118 стр., количество иллюстраций 28. Список литературы содержит 55 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации обоснована во введении. Там же сформулирована цель и основные задачи работы и указаны результаты, обладающие новизной и практической ценностью.

В первой главе приводится краткий обзор моделей ВКС, сыгравших ключевую роль в развитии "интегрального" способа описания верхнего слоя океана. Более подробно обсуждается локальная модель ВКС, разработанная в Ленинградском отделе Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР (ЛОИОАН) (Каган Б. А. и др., 1979). В основе этой модели лежит предположение о пропорциональности между интегральной диссипацией и продукцией турбулентной энергии механического и конвективного происхождения и о полной диссипации механической турбулентной энергии в пределах экмановского пограничного слоя. Использование этого предположения обеспечивает выполнение закона сохранения тепла в деятельном слое и, как следствие, выход решения на периодический режим при задании динамической скорости ветра и турбулентного потока тепла на поверхности океана гармоническими функциями времени. Выполнение закона сохранения тепла является необходимым условием адекватного описания сезонной эволюции ВКС. Аналогичному требованию должна удовлетворять и адвективная версия модели деятельного слоя океана.

В первой главе приводится также система уравнений адвективной модели. Здесь же на основе оценки порядков отдельных членов уравнений этой модели показано, что члены, характеризующие горизонтальную адвекцию тепла геострофическим течением и пространственную неоднородность толщины ВКС, на порядок меньше остальных членов, так что при расчете сезонной эволюции ВКС ими в первом приближении можно пренебречь. Это позволяет упростить уравнения мо-

дели и свести их к одному уравнению в частных производных для температуры ВКС и к системе обыкновенных дифференциальных уравнений для температуры сезонного термоклина и толщины ВКС, имеющих тот же вид, что и в локальной версии модели.

Модель ЛОИОАН была реализована в слабоадвективном районе океана (Рябченко В.А., 1982). Тем самым неявно предполагалось, что не только горизонтальная, но и вертикальная адвекция пренебрежимо малы по сравнению с вертикальным турбулентным переносом тепла. В реальных условиях это предположение выполняется довольно редко. Поэтому испытание модели следовало начинать с более простого случая, учитывающего только вертикальную адвекцию тепла. В качестве объекта испытания был выбран район, ограниченный параллелями 25° и 40° с.ш. и меридианами 60° и 75° з.д. и включающий в себя ЭА30 Гольфстрим. Анализ результатов этого исследования посвящена вторая глава. В ней было показано, что значения толщины и температуры ВКС существенно зависят от задания динамической скорости ветра (U_*). Так, наибольшие отличия рассчитанных и фактических значений температуры ВКС, достигающие $4-5^{\circ}$, отмечаются в июне. В это время отличия фактических и рассчитанных значений толщины ВКС составляют около 15-20 м. Указанные расхождения вызваны исключением короткопериодных изменений динамической скорости ветра при аппроксимации их суммой двух первых членов ряда Фурье по времени. При такой аппроксимации U_* рассчитанные характеристики ВКС изменяются плавно, тогда как в действительности толщина (h) ВКС в мае-июне резко уменьшается, а температура (T_s) ВКС быстро возрастает, что и служит причиной значительных расхождений между рассчитанными и фактическими значениями характеристик ВКС в начале лета. В остальное время года рассчитанные значения толщины ВКС качественно согласуются с данными наблюдений

(Кузнецов А.А., 1982), а отличия рассчитанных и фактических значений T_s не превосходят $1,5-2,0^\circ\text{C}$.

Во второй главе представлены также результаты расчетов, свидетельствующие о том, что вертикальные движения играют важную роль в формировании сезонной эволюции толщины ВКС. Показано, что в тех точках области, где имеет место даунвеллинг (к югу от параллели 35°с.ш. в рассматриваемой области), учет вертикальных движений приводит к увеличению толщины ВКС на 30-50м осенью и зимой и к существенному улучшению согласования рассчитанных и фактических значений h . Например, в точке с координатами 30°с.ш. и 65°з.д. толщина h ВКС без учета вертикальных движений не превосходила 90м, а с их учетом достигает в марте 135м (в действительности толщина ВКС в феврале-марте в этой точке равна приблизительно 150-160м).

Несмотря на улучшение согласования рассчитанных и фактических значений характеристик ВКС при учете вертикальных движений, локальная версия модели обладает одним серьезным ограничением. Именно, из условия сохранения тепла в ДС следует, что направление вертикальной скорости и среднегодового потока тепла на поверхности океана должны быть согласованы между собой, т.е. при даунвеллинге среднегодовой поток тепла на поверхности океана должен быть отрицательным (направленным в атмосферу). Наоборот, при апвеллинге он должен быть положительным. В пределах ЭАЗО Гольфстрим указанное выше условие согласования направлений вертикальной скорости и потока тепла на поверхности не выполняется на параллели 40°с.ш. , что указывает на невозможность применения здесь локальной версии модели и на необходимость учета горизонтальной адвекции тепла.

Во второй главе также обсуждаются результаты испытания локальной версии модели применительно к случаю синоптической изменчивости внешних параметров - динамической скорости ветра и турбулентного потока тепла на поверхности. Испытание производилось по данным натурного эксперимента *MILE (Mixed Layer Experiment)*, специально предназначавшегося для проверки моделей ВКС. При этом были учтены следующие два обстоятельства: во-первых, как было показано в первой главе, для синоптических масштабов времени адвекция тепла не играет решающей роли в формировании термического режима ВКС, и ею в первом приближении можно пренебречь; во-вторых, в отличие от случая сезонной эволюции, когда вертикальное распределение температуры в ДС описывается одноступенчатым профилем, при исследовании синоптической изменчивости необходимо учитывать возможность формирования многоступенчатого профиля температуры в ДС. Показано, что такой профиль температуры воспроизводится моделью, причем отличия рассчитанных и фактических значений температуры и толщины ВКС в рассматриваемом случае 1,0-1,5°C и 5-10м соответственно.

Третья глава посвящена расчету скорости течения в районе ЭАЗО Гольфстрим. Средняя в пределах ВКС скорость течения представляется в виде суммы геострофической и дрейфовой составляющих. Последняя находится из уравнений движения для квазистационарного экмановского пограничного слоя. Рассчитанное таким образом поле средней скорости дрейфового течения согласуется с данными по сносу судов, систематизированными Дж.Милом (*Meehl G.A., 1982*).

Для определения вертикальной скорости на нижней границе ДС необходимо располагать сведениями о вертикальном распределении меридиональной составляющей скорости геострофического течения. С

этой целью привлекался "обратный метод" - модифицированный вариант динамического метода, предложенный К.Вуншем (1977). В соответствии с исходными предпосылками "обратного метода" исследуемая область океана (часть Северной Атлантики, ограниченная параллелями $22,5^{\circ}$ с.ш. и $57,5^{\circ}$ с.ш.) разбивается зональными разрезами на шесть замкнутых бассейнов, а толща океана - на шесть слоев, примерно соответствующих основным водным массам Северной Атлантики. Для каждого выделенного объема составляется уравнение сохранения массы. При этом предполагается, что массообмен между слоями отсутствует, а скорость течения на границах бассейнов известна на основании расчета динамическим методом. Динамический метод, как известно, позволяет определить относительную скорость течения. Поэтому уравнения сохранения массы выполняются не точно, т.е. имеется некоторый разбаланс массы. Его минимизация позволяет оценить скорость на отсчетном уровне. Сложение относительной скорости, рассчитанной динамическим методом, и отсчетного значения скорости дает искомую абсолютную скорость геострофического течения на границах выбранных замкнутых бассейнов, удовлетворяющую закону сохранения массы. Рассчитанное поле меридиональной составляющей скорости геострофического течения согласуется со сложившимися представлениями и результатами других авторов (*Wunsch C.*, 1982; *Roemmich D.*, 1980).

В четвертой главе представлены численный метод решения уравнений адвективной модели ВКС, результаты расчета сезонной эволюции ВКС в ЗАЗО Гольфстрим, а также результаты численных экспериментов.

Система уравнений адвективной модели включает уравнение в частных производных гиперболического типа для температуры (T_s)

ВКС, обыкновенные дифференциальные уравнения для толщины (h) ВКС и температуры (T_h) на верхней границе сезонного термоклина и соотношения для потока тепла на нижней границе ВКС. В качестве краевых условий задаются значения толщины и температуры ВКС в начальный момент времени и температура ВКС в тех точках границы, где поток направлен внутрь области. Скорость дрейфового течения и меридиональная составляющая скорости геострофического течения на нижней границе ДС считаются известными. В рассматриваемом случае условие сохранения тепла в деятельном слое связывает среднегодовой поток тепла на поверхности с осредненной за годовой цикл вертикальной и горизонтальной адвекцией тепла. Это условие допускает большее, чем в локальной версии модели, разнообразие в задании значений потока тепла и вертикальной скорости, но предопределяет направление горизонтального адвективного переноса тепла. Последнее ограничение снимается, если поток тепла на поверхности не задается, а определяется в процессе решения задачи. Для этой цели используется известная параметрическая зависимость, в соответствии с которой поток тепла на поверхности принимается пропорциональным разности температур ($T_A - T_s$) воды и воздуха.

Для решения уравнения адвекции тепла в ВКС используется явная конечно-разностная схема с разностями, направленными против потока. Эта схема имеет первый порядок точности и устойчива. При интегрировании обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих эволюцию толщины ВКС и температуры в сезонном термоклине, привлекается метод Эйлера. Система разностных уравнений решается в области, ограниченной параллелями 25° и 40° с.ш. и меридианами 60° и 75° з.д. Шаг сетки принимается равным $2,5^{\circ}$ в горизонтальном направлении, шаг по времени - 2,5 сут. Критерием установления пе-

риодического режима служит условие совпадения (с заданной точностью) среднегодовых значений температуры ВКС или теплосодержания ДС в течение двух последующих годовых циклов. Результаты расчета в районе ЭАЗО Гольфстрим свидетельствуют о том, что это условие выполняется по истечении 6-7 лет.

Обсуждение результатов расчета начнем с перечисления наблюдаемых особенностей пространственно-временной изменчивости характеристик ВКС в районе ЭАЗО Гольфстрим. Максимальный в пределах всей Северной Атлантики размах внутригодовых колебаний температуры поверхности океана, достигающий 18-20°C, имеет место на параллели 40°с.ш. К югу он резко уменьшается и составляет 3-4°C в тропических широтах. В отличие от центральной части океана, где распределение T_s близко к зональному, в районе ЭАЗО Гольфстрим оно не является таковым, особенно в холодное полугодие. Причина этого - усиление теплообмена между океаном и атмосферой, связанное с выносом холодных воздушных масс с Американского континента (Николаев Ю.В., 1981). По мере продвижения на восток в центральную часть Северной Атлантики воздушные массы трансформируются под влиянием теплой подстилающей поверхности. Соответственно уменьшается и внутригодовая изменчивость T_s , а ее пространственное распределение становится близким к зональному.

Для пространственно-временной изменчивости толщины (h) ВКС в исследуемом районе характерны следующие особенности. Летом толщина ВКС равна приблизительно 25-40м в пределах всей ЭАЗО Гольфстрим. В сентябре-октябре начинается повсеместное увеличение h . Наиболее быстро оно происходит в зоне, примыкающей с востока к основной струе Гольфстрима (Калацкий В.И., 1978; Кузнецов А.А., 1982). Затем в результате усиления конвективного перемешива-

ния происходит дальнейшее увеличение h . В феврале-марте в центральной части Северной Атлантики образуется зона максимальных значений толщины ВКС, достигающих 300-350м. Западная часть этой зоны располагается в исследуемой области между параллелями 32° и 37° с.ш. Начало формирования нового ВКС толщиной 60-80м наблюдается в марте-апреле. В последующие два-три месяца h уменьшается до минимальных летних значений.

Сравнение результатов расчета сезонной эволюции ВКС с данными наблюдений показывает, что адвективная модель правильно воспроизводит основные особенности пространственно-временной изменчивости характеристик ВКС в ЭАЭО Гольфстрим. Так, максимальный размах внутригодовой изменчивости T_s приурочен к параллели 40° с.ш. и достигает здесь $15-16^\circ\text{C}$. К югу размах уменьшается и составляет $3-4^\circ\text{C}$ на параллели 25° с.ш. Минимальные значения T_s наблюдаются в феврале-марте (в период наиболее интенсивного конвективного и ветрового перемешивания), максимальные - в августе-сентябре, причем максимальные значения T_s запаздывают относительно максимальных значений температуры (T_A) воздуха приблизительно на 1 мес. Отметим также значительную асимметрию временной изменчивости характеристик ВКС: период повышения T_s (уменьшения h) меньше периода понижения T_s (увеличения h) на 1-2 мес.

Анализ пространственной изменчивости рассчитанной температуры ВКС показывает, что распределение T_s в районе ЭАЭО Гольфстрим существенно отличается от зонального, особенно в холодное полугодие. Минимальные значения T_s (5°C зимой и $20^\circ-21^\circ\text{C}$ летом) имеют место на северо-западе исследуемой области у побережья Северной Америки, максимальные (24°C зимой и 28°C летом) - на юго-

западе, у о. Куба. В течение года расхождения между рассчитанными и наблюдаемыми значениями температуры ВКС в районе ЭАЗО Гольфстрим не превышают $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$. Наибольшие отличия имеют место в начале лета в центральной части района (между параллелями $32,5^{\circ}$ и $37,5^{\circ}\text{с.ш.}$), где они достигают $3-4^{\circ}\text{C}$. Их причиной, как показали эксперименты с локальной версией модели, является завышение толщины ВКС, связанное с неполнотой исходных данных о динамической скорости ветра.

Выше уже отмечалось, что наиболее примечательной особенностью пространственного распределения толщины ВКС является зона максимальных значений h , расположенная в феврале-марте на востоке исследуемой области в Саргассовом море. Рассчитанные значения составляют здесь $220-250\text{м}$, фактические $300-350\text{м}$ (Кузнецов А.А., 1982). В целом расхождения между рассчитанными и фактическими значениями h в течение года не выходят за пределы точности определения толщины ВКС по данным наблюдений.

В четвертой главе приводятся также результаты серии численных экспериментов, предназначенных для выяснения роли вертикальной и горизонтальной адвекции тепла в формировании зоны максимальных значений толщины ВКС в Саргассовом море. Оказалось, что решающую роль в формировании этой зоны играют вертикальные движения (даунвеллинг), совпадающие здесь с экстремальными значениями потоков тепла и импульса на поверхности океана.

Вторая серия численных экспериментов предназначалась для выяснения возможностей модели с точки зрения воспроизведения аномальных термических условий на поверхности океана. С этой целью после установления периодического режима среднегодовая температура (T_A) воздуха увеличивалась на 1°C по сравнению с ее средним

многолетним значением. Анализ результатов свидетельствует о том, что изменение T_A вызывает соответствующее отклонение температуры ВКС - аномалию T_s . После снятия атмосферного возмущения (возврата к средним многолетним условиям) аномалия T_s затухает в течение года, трансформируясь под действием дрейфового переноса.

В Заключении приводятся основные результаты работы. Они сводятся к следующему.

1. Установлено, что локальная версия модели деятельного слоя океана, разработанная в ЛОИОАН, может быть использована для воспроизведения синоптической и сезонной изменчивости характеристик ВКС в слабоадвективных районах Мирового океана.

2. Разработана адвективная версия модели деятельного слоя океана, позволяющая учесть эффект горизонтальной и вертикальной адвекции тепла.

3. Произведена оценка вклада вертикальной и горизонтальной адвекции тепла в формирование ДС для различных масштабов времени. Показано, что для синоптических масштабов времени адвективными факторами можно пренебречь, тогда как для сезонных масштабов времени их необходимо учитывать.

4. С помощью "обратного метода" (модифицированного варианта динамического метода) рассчитано поле абсолютной скорости геострофического течения в Северной Атлантике. Оно использовано при воспроизведении сезонной эволюции ВКС в энергоактивной зоне Гольфстрим.

5. Выполнен расчет сезонного хода характеристик ВКС в ЭАЗО Гольфстрим. Сравнение рассчитанных и наблюдаемых значений толщины ВКС показало, что расхождения между ними не выходят за преде-

лы точности ее определения. Погрешности расчета температуры ВКС составляют в среднем $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$ или в относительных единицах 5-8%. Максимальные ошибки расчета температуры ВКС, достигающие $3-4^{\circ}$ или 12-18%, имеют место в начале лета и связаны с неполнотой исходных данных о динамической скорости ветра.

6. Выявлены особенности пространственно-временной изменчивости характеристик ВКС в ЭАЭО Гольфстрим. С помощью серии численных экспериментов показано, что:

- значительное увеличение толщины ВКС в феврале-марте в Саргассовом море вызвано совпадением экстремальных значений турбулентных потоков тепла и импульса на поверхности океана, с одной стороны, и даунвеллинга, с другой, причем последний фактор является решающим;

- аномальное изменение температуры ВКС, соответствующее повышению средней годовой температуры воздуха на 1°C , сохраняется в течение 5-7 месяцев, трансформируясь под действием дрейфового течения.

7. Предложенная модель может быть использована при исследовании процессов формирования и изменчивости теплового состояния деятельного слоя океана, при разработке методов краткосрочного и среднесрочного прогноза погоды и при моделировании крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана.

Основное содержание работы изложено в статьях:

1. Аверкиев А.С., Масловский М.И. Определение скорости и расхода Антарктического циркумполярного течения обратным методом. - Тезисы докл. IV Всесоюз. конф. "Мировой океан", Владивосток: ДВНЦ-ДВПИ, 1983, часть I. Гидрофизические поля океана и методы их исследова-

дования, с.85-86.

2. Аверкиев А.С. Моделирование синоптической изменчивости верхнего квазиоднородного слоя океана. - Метеорология и гидрология, 1984, № 7, с.102-104.

3. Аверкиев А.С., Масловский М.И. Использование "обратного метода" для определения абсолютной скорости и расхода Антарктического циркумполярного течения. - в межведомств.сб.: Методы и средства исследования Мирового океана, Л., Изд.ЛПИ, 1984, вып.87, с.3-9.

М-44106 . Подписано к печати 11.11.84 . Заказ 2188
Тираж 100 , формат бумаги 60x84 1/16, 1 печ.л. Бесплатно.
Ротапринт тип.№ 2 "Ленуприздата".
191104, Ленинград, Литейный пр., дом № 55.

Бесплатно