

Академия наук Украины
МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ХОЛОЩЕВ АЛЕКСАНДР РАДЬМОВИЧ

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ
ЭВОЛЮЦИИ ПЕРЕМЕШАННОЙ ОБЛАСТИ В МОРСКОЙ
СРЕДЕ

04.00.22 "Геофизика"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Севастополь - 1992

Работа выполнена в Отделении гидроакустики Морского гидрофизического Института АН Украины.

Научные руководители: кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
М.И.Скипа

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
А.М.Кудин

Официальные оппоненты - доктор физико-математических наук Н.А.Пантелеев

кандидат физико-математических наук Т.О.Абрамян

Ведущая организация - Институт Прикладной Физики РАН

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1992г.

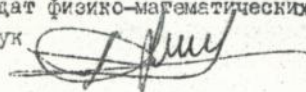
в _____ часов на заседании Специализированного Совета

Д 016.01.01. в Морском гидрофизическом Институте по адресу:
335005, г.Севастополь-5, ул.Капитанская, 2. Морской гидро-
физический Институт.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Морского гидрофизического Института.

Автореферат разослан _____ 1992 г.

Ученый секретарь Специализированного
Совета, кандидат физико-математических
наук



А.М.СВЯТОВ



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из актуальных проблем экологии морских акваторий является разработка моделей эволюции областей загрязнения водной среды под воздействием различных естественных и антропогенных факторов. К числу основных механизмов образования таких областей в деятельном слое моря относится перемешивание, возникающее в результате различных гидро- и термодинамических процессов, приводящих и локальной потере устойчивости тех или иных его слоев. При перемешивании в устойчиво-стратифицированной толще морской среды образуются области, характеризующиеся уменьшенными величинами вертикальных градиентов гидрофизических полей — т.е. перемешанные области или пятна. В зависимости от энергии, затрачиваемой на перемешивание и ее распределения по пространству, такие области могут быть как однородными, так и стратифицированными. Исследования показали, что на их границах, как правило, наблюдается существенное увеличение вертикальных градиентов температуры, солености и плотности, локализованное в сравнительно тонких прослойках.

К основным факторам, влияющим на законсервации их эволюции относятся эффекты плавуности, обмен теплом, массой и импульсом, а также другие гидрофизические процессы, происходящие при их взаимодействии с окружающей средой. В настоящее время влияние каждого из упомянутых факторов в отдельности на особенности рассматриваемого процесса исследовано теоретически, либо в лабораторных условиях. Характер взаимного влияния этих факторов в природных условиях практически непредсказуем с позиций существующих теоретических и экспериментальных моделей. Поэтому адекватность существующих модельных представлений об эволюции областей перемешанной жидкости в стратифицированной среде требует экспериментальных подтверждений в природных условиях.

Характерными параметрами отражающими собственную динамику пятен во времени являются их горизонтальные и вертикальные размеры. Измерение этих параметров (особенно горизонтальных размеров пятен) является сложной с методической точки зрения задачей. Одним из путей ее решения является дистанционный их

регистрация акустическими методами. К числу недостатков акустического зондирования относится сложность однозначной гидрофизической интерпретации получаемых результатов. Этот недостаток может быть преодолен только при предварительном установлении соответствия между компонентами перемешанной области, регистрируемыми акустическими и гидрофизическими методами.

Указанными обстоятельствами, а также принципиальным значением, которое имеет акустическое зондирование при натуральных исследованиях процесса коллапса, обуславливается актуальность выбранной темы диссертационной работы - акустическое зондирование в исследованиях эволюции перемешанной области в морской среде.

Цели и задачи исследования. Целью работы является изучение степени соответствия существующих модельных представлений об эволюции областей перемешанной жидкости в стратифицированной среде закономерностям этого процесса в морских условиях.

Исходя из вышесказанного, для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы следующие основные научные задачи:

1. Разработка методики, позволяющей в морских условиях искусственно формировать области перемешанной жидкости и регистрировать их эволюцию в полях гидрофизических параметров и акустического рассеяния.

2. Исследование зависимости от возраста горизонтальных размеров однородных единичных областей перемешанной жидкости в стратифицированной морской среде с положительным вертикальным градиентом солености.

3. Исследование особенностей временной изменчивости горизонтальных размеров и амплитуд эхо-сигналов от ступенчато-стратифицированных областей в стратифицированной среде с положительным вертикальным градиентом солености.

4. Изучение особенностей эволюции областей перемешанной жидкости с изоточной начальной температурой и соленостью в устойчиво-стратифицированной среде с отрицательным вертикальным градиентом солености.

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

1. Предложена методика исследования в натуральных условиях эволюции областей перемешанной жидкости (однородных и ступенчато-стратифицированных), искусственно формируемых в слое сезонного температурного скачка с помощью осесимметричной вертикально ориентированной затопленной струи, основанная на комплексном применении акустического и гидрофизического зондирования. Исследовано влияние на начальные вертикальные размеры и характер внутренней стратификации формируемых областей удельной кинетической энергии источника перемешивания.

2. Показано соответствие между основными элементами отображений области перемешанной жидкости в полях гидрофизических параметров и акустического рассеяния. Характер этого соответствия позволяет использовать для оценки сверху и снизу горизонтальных размеров области перемешанной жидкости измерения горизонтальных размеров области с пониженным акустическим рассеянием и рассеивающих прослоек соответственно.

3. Доказано, что в устойчиво-стратифицированной морской среде с положительным вертикальным градиентом солености закономерность временной изменчивости горизонтальных размеров единичных однородных областей перемешанной жидкости качественно соответствует закономерностям, полученным теоретически и в лабораторных экспериментах.

4. Доказано, что эволюции вертикальных пакетов, состоящих из трех и более однородных слоев в морской среде с положительным вертикальным градиентом солености свойственна стадия, на которой монотонный рост горизонтальных размеров периферийных интрузий сопровождается колебаниями протяженности центрального языка. Установлено, что как и в лабораторных экспериментах период этого колебания составляет $150 - 250 \text{ M}^{-1}$. С таким же периодом, причем синфазно, изменяется амплитуда эхо-сигналов от прослойки на границах центрального языка, что может быть использовано в качестве дополнительного информативного признака при выделении рассматриваемого явления на фоне других явлений, существующих в морской среде.

5. Доказано, что на закономерности эволюции области перемешанной жидкости в устойчиво-стратифицированной морской среде с отрицательным вертикальным градиентом солености наряду с эффектами плавучести влияет дифференциально-диффузионная конвекция. Получены впервые натурные данные о характере временной изменчивости элементов отражений этой неоднородности в полях гидрофизических параметров и акустического рассеяния.

Научная новизна исследований, достоверность полученных результатов и научных выводов. Комплексные акустические и гидрофизические исследования эволюции однородных и ступенчато-стратифицированных областей в морской среде, выполненные в диссертации, привели к ряду принципиально новых результатов, основными из которых можно считать следующие:

1. Примененное в процессе выполненных натурных исследований искусственное формирование областей перемешанной жидкости в морской среде с помощью осесимметричной затопленной струи обеспечивает надежную пространственно-возрастную привязку наблюдений и тем самым позволяет проводить натурные исследования эволюции этих неоднородностей в жестко контролируемых условиях, максимально приближенных к условиям лабораторных экспериментов.

2. Впервые установлен характер соответствия между оценками горизонтальных протяженностей основных элементов отражений областей перемешанной жидкости в морской среде в полях гидрофизических параметров и акустического рассеяния.

3. Анализ результатов натурных исследований зависимости от возраста горизонтальных размеров единичных однородных областей перемешанной жидкости показал, что наилучшей по критерию минимум среднеквадратической ошибки аппроксимацией натурных данных при возрастах $25 \leq Nt \leq 550$ является закон $L(t) \sim \sqrt{(t-t_0)^2}$ (где t_0 - ориентированный момент завершения промежуточной стадии эволюции, приближенно равный $25 N^{-1}$).

4. Выявлена ранее неизвестная стадия эволюции ступенчато-стратифицированных областей перемешанной жидкости в

морской среде, на которой горизонтальные размеры центральных языков интрузий совершают колебания, в то время как рост периферийных языков происходит монотонно. Показано, что колеблется не только длина центрального языка интрузий, но и амплитуда эхо-сигналов от его границ (период обоих колебаний $(150 - 250) N^{-1}$, а их фазы практически совпадают). Подтверждено количественное соответствие между периодичностью, характерными для природных зависимостей от возраста горизонтальных размеров таких пятен и зависимостей зафиксированных в лабораторных условиях, (где колебания длины центральных языков интрузий, образующих вертикальный пакет, впервые были обнаружены).

5. Впервые получены натурные данные о закономерностях эволюции термохалинных интрузий в среде с отрицательным вертикальным градиентом солености и показано существенное влияние на ход этого процесса эффектов энергo-массообмена. Результаты исследования особенностей эволюции перемешанной области в морской среде с помощью акустического зондирования проверялись как данными параллельных гидрофизических исследований, так и сопоставлением с результатами других авторов, полученных другими методами и средствами.

Научные выводы, полученные по экспериментальным данным, обеспечены использованием результатов измерений калиброванными приборами с необходимым контролем их тарировочных характеристик как в лабораторных, так и в морских условиях. Статистическая обработка основывалась на обеспеченных выборках анализируемых данных, что позволило получить достоверные статистические оценки характеристик. Оценка степени соответствия модельных и природных закономерностей эволюции областей перемешанной жидкости в морской среде производилась с помощью выборочных статистических критериев согласия.

Результаты и научные выводы, полученные в диссертации, основаны на обработке, анализе и обобщении материалов наблюдений и специальных морских экспериментальных работ с участием автора в течение более 7 лет.

Практическая значимость работы. Результаты работы имеют важное значение для понимания процессов формирования тонкой структуры гидрофизических полей, процессов перемешивания, а также энерго- и массообмена областей перемешанной жидкости с окружающей водной средой в ходе их эволюции. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и совершенствовании моделей эволюции областей загрязнены в деятельном слое морских акваторий и, тем самым, способствовать улучшению методов прогноза динамики экологической обстановки.

Результаты, полученные в работе на качественном уровне обосновывают применимость существующих модельных представлений об эволюции однородных и ступенчато-стратифицированных перемешанных областей в линейно-стратифицированной среде, а также термохалинных интрузий к описанию аналогичных процессов в реальных морских условиях.

Выявление устойчивых информативных признаков перемешанных областей в морской среде, регистрируемых как при гидрофизическом, так и при акустическом зондировании позволяет на их основе создать судовые комплексы экологического патрулирования морских акваторий. Научные результаты работы могут быть весьма полезными при разработке и создании систем регионального и локального мониторинга Черного, Средиземного моря и др. акваторий.

Личный вклад автора и публикация результатов работы.

Диссертационная работа является результатом обобщения многолетних экспериментальных исследований автора, выполненных в Отделении гидроакустики Морского гидрофизического института АН Украины. Ему принадлежит формулировка и постановка основных задач работы. Им предложена методика искусственного формирования областей перемешанной жидкости в морской среде с помощью осесимметричной затопленной струи и получены данные о взаимнокорреляционных свойствах эхо-сигналов от границ интрузий, позволившие выбрать алгоритм обработки результатов акустического зондирования, предложена методика изучения временной изменчивости горизонтальных размеров патен с помощью акустического зондирования.

Под руководством и при непосредственном участии автора

создан экспериментальный образец гидролокационно-вычислительного комплекса, реализующий предложенный алгоритм обработки.

Автор непосредственно участвовал в организации и проведении натурных исследований на всех этапах возглавлял многочисленные морские экспедиции, где проводились эксперименты, и осуществлял обработку, анализ и теоретическую интерпретацию полученных результатов.

Представленные в диссертации фактические данные, количественные оценки параметров исследуемых процессов, научные результаты и выводы получены лично автором или при его непосредственном участии.

Основные результаты исследований, полученные в диссертации опубликованы в 11 научных работах, список которых приведен в конце автореферата. Совместная публикация большинства научных результатов и выводов объясняется коллективным характером экспедиционных работ.

Апробация работы. Результаты, полученные в диссертации были доложены на 5 и 6 Всесоюзных школах-семинарах "Акустика океана" (г. Москва 1988 и 1990 г.г.), а также Гидрофизическом семинаре МГИ АН Украины, семинарах ОГА МГИ АН Украины, ГЕОМ РАН, ИРАН (в 1990-1992 г.г.)

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Она содержит 117 страниц машинописного текста (без рисунков) и 42 рисунка. Список литературы содержит 140 названий, в том числе 30 иностранных.

Во введении дано обоснование выбора темы диссертационной работы, определена ее цель, задачи, научная новизна, практическая значимость, кратко излагается содержание работы.

ГЛАВА I. АКУСТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ КАК МЕТОД НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭВОЛЮЦИИ ПЕРЕМЕШАННОЙ ОБЛАСТИ В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ОКЕАНЕ

В главе дается обзор современных представлений об эво-

люции перемешанной области в стратифицированной среде, а также о механизмах формирования эхо-сигнала при распространении в неоднородной морской среде акустических колебаний.

Рассмотрены работы, содержащие модели эволюции единичной однородной области постоянного и переменного объема в безвизкозной линейно-стратифицированной жидкости (Г. И. Баренблат); эволюции единичных однородных областей постоянного объема в сопоставимом по толщине с их собственными вертикальными размерами линейно-стратифицированном слое скачка на границе двух однородных сред (Максерси и др.).

Отмечены результаты лабораторных исследований коллапса единичных линейно-стратифицированных пятен в линейно-стратифицированной среде, эволюции в такой же среде цилиндрических областей с ненулевой начальной плавучестью, а также областей с нулевой начальной плавучестью, но избыточной начальной температурой и соленостью. Описаны основные результаты лабораторного исследования взаимодействия двух одинаковых близко расположенных цилиндрических однородных пятен на уровне их равновесной плотности. Анализ рассмотренных работ показал, что на эволюцию областей перемешанной жидкости в стратифицированной среде существенное влияние оказывают эффекты плавучести, обмена теплом, массой и импульсом, а также их взаимодействия. Характеристикой наиболее чувствительной к проявлениям этих эффектов являются горизонтальные размеры областей. Для их регистрации в натуральных условиях необходимо использовать акустическое зондирование. Анализ особенностей акустического зондирования как метода исследования неоднородностей гидрофизических полей, показал, что модели основных механизмов формирования эхо-сигнала такими неоднородностями - рассеяния и отражения акустических полей, в настоящее время разработаны, а их адекватность подтверждена данными лабораторных экспериментов. В тоже время для использования этих моделей при оценке когерентной и диффузной составляющих эхо-сигналов от неоднородностей морской среды требуется весьма детальная информация о микроструктуре полей плотности, сжимаемости и течения. Поэтому при современном уровне развития средств гидрофизических измерений возможно лишь качественное сопоставление ансамблей, отображающих область перемешанной жидкости в

акустических и гидрофизических полей.

ГЛАВА II. МЕТОДИКА И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Глава посвящена описанию методики и технических средств, используемых при натуральных исследованиях коллапа перемешанной области.

Для обеспечения достоверной идентификации исследуемой области в морской среде и пространственно-возрастной "привязки" наблюдений предложено формировать перемешанную область искусственно - с помощью вертикально ориентированной осесимметричной импульсной затопленной струи. Предложенная методика позволяет создавать на заданных горизонтах турбулентные пятна, регистрируемые СТД зондом (пространственное разрешение по вертикали не более 4 м, максимальные ошибки измерения температуры и удельной электропроводности не более 0,06° и 0,01 см/м соответственно). В процессе инъекции струи (начальная скорость ~ 25 м/с) выполнялись многократные зондирования верхнего 100 м слоя моря с интервалом 5-10 минут. На основании полученных таким образом данных построены разрезы гидрофизических полей, которые свидетельствуют:

- об образовании однородных либо ступенчато-стратифицированных областей перемешанной жидкости оксигуренных по периферии высокоградиентными прослойками;

- возникновении синфазных осцилляций изолиний всех гидрофизических полей в слое, сопоставимом по толщине с вертикальными размерами области с пониженной внутренней стратификацией. Амплитуда этих осцилляций в процессе перемешивания увеличивается.

Показано, что в качестве оценки снизу начальных вертикальных размеров перемешанной области может использоваться среднее арифметическое между величинами вертикальных размеров областей с пониженными градиентами температуры и солености, соответствующими моменту окончания инъекции. Оцененные таким образом начальные вертикальные размеры областей

перемешанной жидкости и характер их внутренней стратификации зависят от удельной кинетической энергии источника перемешивания.

Описаны результаты экспериментального исследования взаимно-корреляционных свойств эхо-сигналов от непересекающихся участков прослоев на границах интрузии в морской среде. Показано, что отличие этих свойств может быть использовано в качестве признака при обнаружении границ интрузий на фоне объемной реверберации.

Предложен алгоритм обработки принятых сигналов, обеспечивающий эффективное обнаружение областей перемешанной жидкости на промежуточной и вязкой стадиях их эволюции в реальной морской среде. Рассмотрен вопрос оптимизации параметров алгоритма обработки принятых сигналов обеспечивающей максимизацию отношения мощностей полезного сигнала и помехи. Описан макет гидролокационно-вычислительного комплекса, реализующий предложенный алгоритм обработки и изложена методика гидроакустических исследований, основанная на его применении. Приведены данные гидрофизического зонда "Катран", использовавшегося при проведении исследований. Представлены сведения о фоновых исследованиях в Черном и Средиземном море, данные о которых положены в основу алгоритма обнаружения гидрофизических и акустических аномалий (использовался критерий Неймана-Пирсона).

ГЛАВА III. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭВОЛЮЦИИ ОБЛАСТИ ПЕРЕМЕШАННОЙ ЖИДКОСТИ В ДЕЯТЕЛЬНОМ СЛОЕ ЧЕРНОГО МОРЯ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО И АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.

В главе приводятся результаты гидрофизических и акустических исследований закономерностей коллапса перемешанной области в морской среде с положительным вертикальным градиентом солености на примерах областей как единичных однородных так и ступенчато-стратифицированных. Даны примеры отображений таких областей в полях температуры, солености и плотности при возрастах $25-50 \text{ M}^{-1}$.

Приведены количественные характеристики величин вертикальных градиентов гидрофизических полей на фоне, в областях с пониженной внутренней стратификацией и оконтуривающих их прослойки. Установлено, что ступенчато-стратифицированные об-

ласти перемешанной жидкости обладает дополнительным признаком (позволяющим отличать их от областей однородных). Этим признаком являются регистрируемые при возрасте явления синфазные осцилляции изолией всех гидрофизических полей. Эти осцилляции проявляются в слое, содержащем вертикальный пакет пятен.

Установлено, что между отображениями областей перемешанной жидкости в полях гидрофизических параметров и акустического рассеяния имеется пространственное соответствие. Характер этого соответствия позволяет использовать измерения горизонтальной протяженности акустических аномалий для оценки горизонтальных размеров областей перемешанной жидкости.

С помощью акустического зондирования получены экспериментальные данные о зависимостях от возраста l - горизонтальных размеров единичных однородных перемешанных областей в деятельном слое Черного моря. В процессе анализа экспериментальных данных искался закон, выходящий наилучшей по критерию минимум среднеквадратической ошибки аппроксимацией натуральных зависимостей горизонтальных размеров пятен от их возраста.

При этом искомым закон задавался в виде $l' = N(t-t_0)^{\lambda}$

где N - частота Брента-Вейселя в слое содержащем исследуемую область; $t_0 \sim 25\omega^{-1}$;

λ - положительная константа, обеспечивающая минимум функционала

$$J = \int_0^T \frac{[l(t) - l'(t)]^2 dt}{T}$$

где T - максимальный возраст, при котором выполнялись измерения; M_i - число наблюдений в i -серии.

λ - целая положительная константа $1 \leq \lambda \leq 12$

Установлено, что наилучшей аппроксимацией экспериментальных данных обеспечивающей минимум

$$L = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{1}{M_i} \sum_{k=1}^{M_i} [l_{ik} - N_i(t_{ik} - t_0)^{\lambda}]^2 \text{ является } l' = N(t-t_0)^{\frac{1}{2}}$$

Тем самым доказано, что модель эволюции однородного цилиндрического пятна в линейно-стратифицированной среде позволяет на качественном уровне описать закономерности эволюции аналогич-

ной неоднородности в реальной морской среде с положительным вертикальным градиентом солености.

ГЛАВА IV. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭВОЛЮЦИИ ОБЛАСТИ ПЕРЕМЕШАННОЙ ЖИДКОСТИ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ

На примере экспериментов, выполненных в Черном море показано, что эволюция ступенчато-стратифицированных областей перемешанной жидкости состоящих из трех и более однородных пятен, образующих вертикальный пакет свойственна стадия, на которой горизонтальные размеры периферийных интрузий увеличиваются монотонно, а длина языков центральных интрузий осциллирует. Установлено, что колебательный характер имеют не только закономерности эволюции горизонтальных размеров центральных языков интрузий, но и зависимости от возраста амплитуд охо-сигналов от их границ, причём фазы обоих колебаний практически совпадают, а периоды их составляют $150-250 \text{ M}^{-1}$. Доказано, что описанная стадия эволюции многослойных ступенчато-стратифицированных пятен, наблюдавшаяся в лабораторных экспериментах, реализуется также в морской среде. На примерах экспериментов, выполненных в Средиземноморском бассейне показано, что в среде с отрицательным вертикальным градиентом солености на процесс эволюции перемешанной области с избыточной начальной температурой и соленостью существенное влияние может оказывать дифференциально-диффузионная конвекция. Это подтверждается характером изменений в полях температуры, солености при возрасте неоднородности 200-250 мин - образованием специфических областей с пониженной термоклинной стратификацией имеющих структуру колодцев глубиной более 100 м, содержащих многочисленные инверсии солености.

В заключении сформулированы главные научные выводы диссертационной работы, которые приведены в разделе автореферата "Основные научные результаты".

Основные научные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Колевова В.М., Холопцев А.В. Оценка эффективности систем когерентно-азимутной обработки при ограниченной динамической динамичеcкeе приёма. "Радиотехника", № 8, 1981, с.69 - 71.

2. Богусевич В.И., Скипа М.И., Холопцев А.В. Авторское

свидетельство СССР № I264200. Цифровой коррелитор.

3. Андрианова О.Р., Холопцев А.В. Авторское свидетельство СССР № I551081 от 15.II.89. Многочастотный способ распознавания пузырьковых и припесных звукорассеивающих слоев.

4. Андрианова О.Р., Джекора С.В., Холопцев А.В. О влиянии вертикального градиента скорости течения на динамику турбулентных пятен в океане. Доклады АН СССР. Москва, Наука, 1990, т.310, с.198-200.

5. Холопцев А.В. Экспериментальные исследования особенностей эволюции эффективной поверхности рассеяния перемешанной области в поверхностном слое Черного моря ОГ МГИ АН УССР. Одесса, 1990. Деп. ВИНТИ № 2083-В90, 18.04.90 - 15 с.

6. Кудин А.М., Ложкин А.Н., Холопцев А.В. О коллапсе вертикального пакета перемешанных пятен. Лабораторное и натурное исследования. Морской гидрофизический журнал № 5, 1991 г.

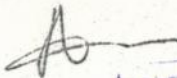
7. Андрианова О.Р., Холопцев А.В. О стратификации вод Черного моря. Океанология, т.3, вып.2, 1992, с.234-240.

8. Холопцев А.В. О влиянии начальной кинетической энергии турбулентного пятна на закономерности его эволюции в устойчиво-стратифицированной среде. ОГА МГИ АН Украины, 1991. Деп. ВИНТИ № 508, 391, 1.02.91. - 8 с.

9. Скипа М.И., Холопцев А.В. Особенности эволюции термохалинных интрузий в среде с отрицательным вертикальным градиентом солёности. ОГА МГИ АН Украины, 1992. Деп. ВИНТИ № I050-В92, 26.02.92 - 9 с.

10. Отчет ВНИИЦ № ГР 01.86.0122276 "Разработать методы гидроакустической идентификации звукорассеивающих слоев. Одесса ОГА МГИ, 1988.

11. Отчет ВНИИЦ № ГР 01.89.0035462 "Исследовать особенности формирования акустических полей для определения информативных признаков в задачах изучения неоднородностей морской среды. Одесса, ОГА МГИ, 1991 г.



АМБ Ин. В. Стефанова
АН УССР

Ав 25.808
АВ 25.808

Подп. к печати 24.06.92г. формат 90x84 1/16.
Об'єм 0,5уч, изд.л. 0,75п.л. Заказ № 1747. Тираж 120эка.
Горниография Одесского обляпографиздательства, пех№5.
Ленниа 49.