

Вертикальная термохалинная структура, водные массы и крупномасштабные фронты Юго-Западной Атлантики и прилегающих акваторий Антарктики

На основе современного массива фактических и средних месячных архивных океанографических данных выполнена классификация вертикальных профилей температуры и солёности. Предложена схема районирования исследуемой акватории по типовым признакам вертикальной стратификации термохалинного поля. По критерию максимума горизонтального градиента температуры и солёности выделены и картированы основные крупномасштабные фронтальные разделы. Описаны параметры фронтов и некоторые закономерности их сезонной изменчивости. Представлены сведения о водных массах, взаимодействующих в системе исследуемых фронтов.

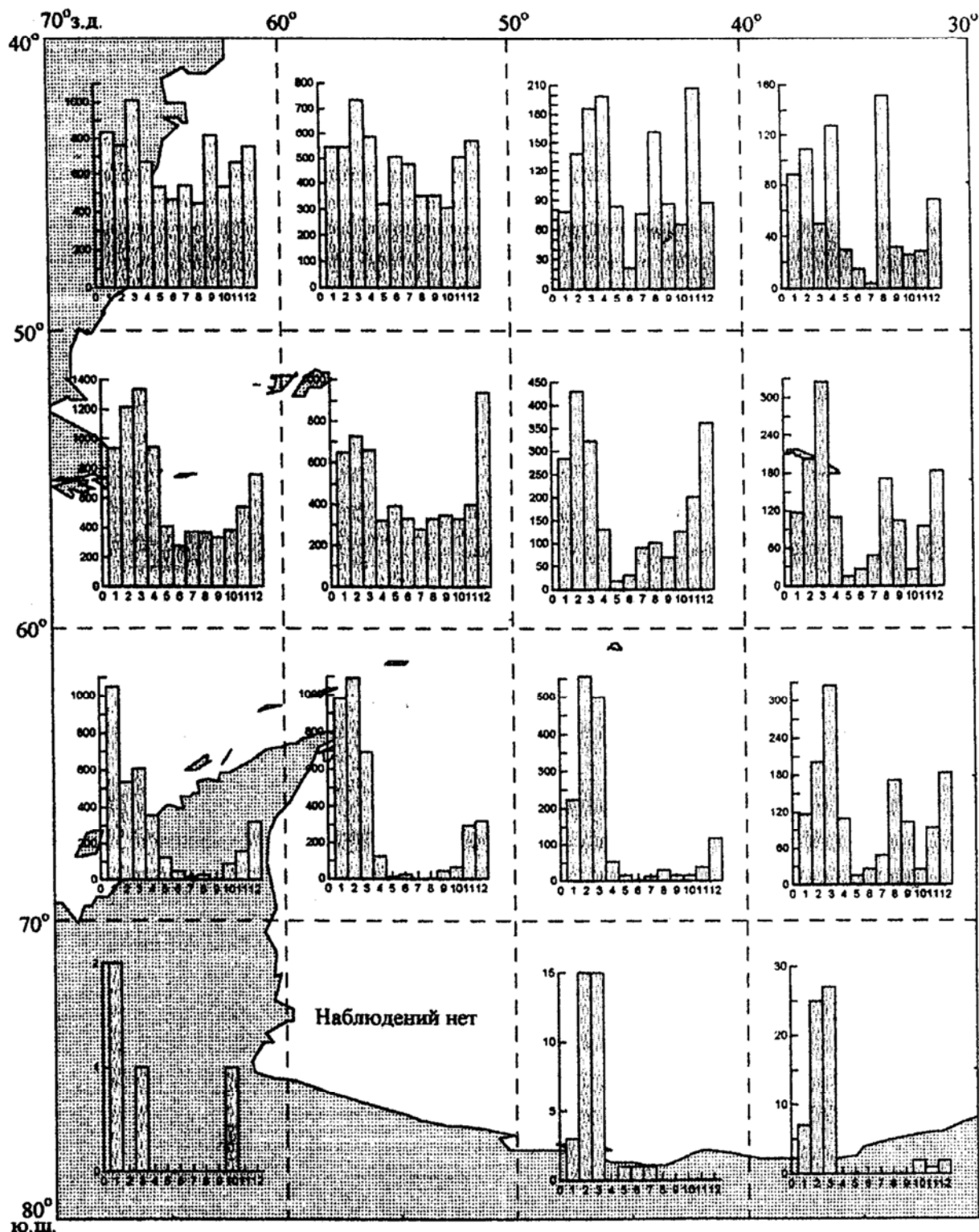
Введение. Несмотря на то, что регион Юго-Западной Атлантики относительно хорошо исследован [1 – 3], имеется ряд проблем, которые недостаточно полно освещены в океанографической литературе. Так, например, до настоящего времени отсутствует более или менее детальное описание свойств вертикальной термохалинной структуры вод антарктического шельфа. Не существует единого представления о вертикальной структуре вод в зоне слияния морей Уэдделла и Скотия, механизмах, порождающих особый тип стратификации этих вод. Немногочисленны сведения о вторичных фронтах, отделяющих данную структуру от структуры антарктического типа. Неоднозначны мнения относительно границ, разделяющих климатические зоны данного региона Мирового океана, об их природе, термохалинных признаках, количестве, положении в пространстве. Для преобладающей части акватории исследуемого региона практически отсутствуют сведения о сезонной изменчивости гидрофизических характеристик среды.

Цель настоящей работы заключается в изучении особенностей термохалинной структуры вод; природы, структуры и сезонной изменчивости климатических и вторичных крупномасштабных фронтов; основных водных масс региона Юго-Западной Атлантики и прилегающих к нему антарктических акваторий.

Для реализации указанной цели решены следующие задачи. Выполнена типизация вертикальных профилей температуры и солёности как по климатическим, так и фактическим данным. Получена схема районирования исследуемой акватории по характерным признакам вертикальной стратификации вод. Выделены границы между районами с типовой вертикальной структурой. Рассчитаны поля горизонтальных градиентов термохалинных параметров среды. Выделены и картированы крупномасштабные фронты. Исследованы параметры этих образований и выявлены некоторые закономерности их сезонной изменчивости, а также проанализирована природа фронтов.

Рассматриваемая акватория ограничена с севера 40° ю.ш., с юга — Антарктическим материком, с запада — берегом Южной Америки и 70° з.д., с

востока — 30°з.д. Сюда входят несколько физико-океанографических регионов: моря Скотия и Уэдделла, проливы Дрейка и Брансфилд, Аргентинский бассейн, а также обширные шельфы Антарктиды и Южной Америки (патагонский шельф, шельф Антарктического п-ова и моря Уэдделла).



Р и с. 1. Обеспеченность исследуемой акватории первичными океанографическими данными по квадратам Марсдена и месяцам года

Исходные данные, методика расчетов и анализа. В качестве исходных данных использованы массивы средних многолетних, средних месячных и

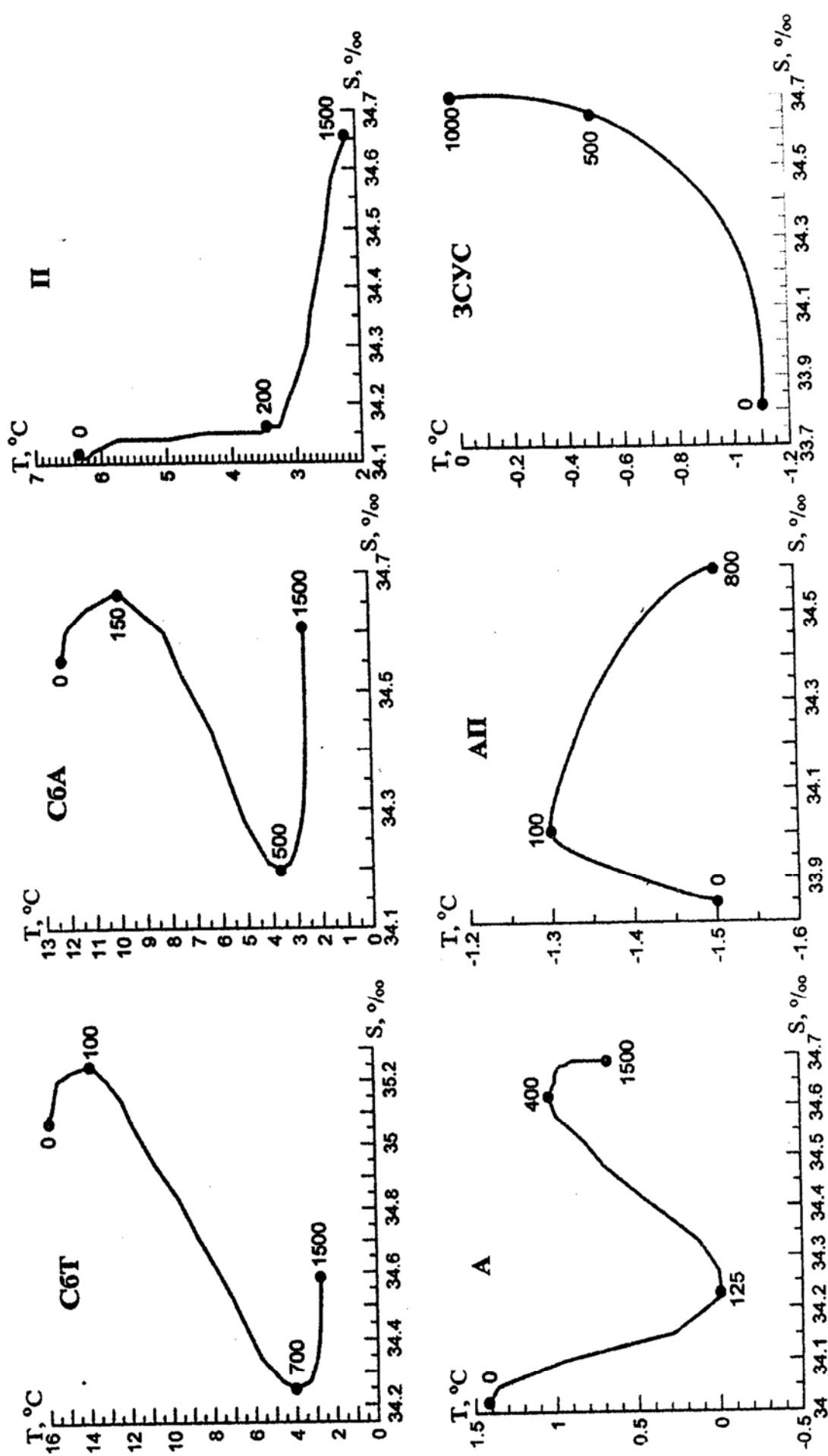
фактических значений температуры и солёности [4, 5]. Массив фактических наблюдений [5] включил ~58 тыс. гидрологических станций за 1911 – 1998 гг. Из них 14,2 тыс. — батометрические серии; 1,8 тыс. — *CTD*-зондирования; 25,6 тыс. — термобатиграфные и 16,6 тыс. — *XBT*-зондирования. Объем выборки солёности (~16 тыс. станций) почти в четыре раза меньше объема выборки температуры. Основная часть наблюдений охватывает слой 0 – 200 м. Летние месяцы Южного полушария (январь – март) в несколько раз лучше обеспечены всеми видами наблюдений по сравнению с зимними (июнь – август). Максимальное число станций и зондирований (~8,5 тыс.) приходится на февраль, минимальное (~2,8 тыс.) — на июль (рис. 1).

Распределение данных по акватории неравномерно. Наименее обеспечено первичной информацией море Уэдделла. В юго-западной части моря, где расположен обширный шельфовый ледник Фильхнера и в течение большей части года к северо-востоку от него присутствуют плотные поля плавучего льда, океанографических наблюдений нет. Наибольшая плотность наблюдений типична для традиционных районов промысла и прилегающих к ним областей. Это — патагонский шельф; южная часть пролива Дрейка; пролив Брансфилд; зона слияния вод морей Уэдделла и Скотия, простирающаяся вдоль дуг Южных Шетландских и Южных Оркнейских о-вов до о. Южная Георгия (рис. 1).

Типизация климатических и фактических профилей температуры и солёности выполнена объективным методом при помощи стандартных процедур блочного кластер-анализа [6], адаптированного к задачам классификации вертикального распределения гидрофизических параметров среды [7]. В основу типизации положена форма *TS*-кривой, определяемая количеством экстремумов на профилях вертикального распределения температуры и солёности. Границы районов с типовой *TS*-структурой (фронтальные разделы) выделены по классическому критерию – максимуму горизонтального градиента. Поля полного вектора горизонтального градиента температуры и солёности на стандартных горизонтах рассчитаны в виде суммы его меридиональной и зональной составляющих, согласно методике [8].

Обсуждение результатов. В пределах исследуемой акватории для слоя 0 – 1500 м выделены шесть типов крупномасштабной вертикальной структуры вод. Это хорошо известные типы, наблюдаемые в пределах климатических зон океана: субтропический, субантарктический, полярный, антарктический [9] и гораздо менее исследованные типы вертикальной термохалинной структуры, характерные для зоны слияния морей Уэдделла и Скотия и Антарктической прибрежной зоны (рис. 2).

Вертикальная стратификация Субтропической климатической зоны исследуемой акватории относится к монотонному термическому – немонотонному халинному типу. Профиль температуры здесь представляет собой монотонно убывающую функцию глубины. Профиль солёности немонотонен и характеризуется двумя экстремумами — подповерхностным максимумом (ядро субтропической подповерхностной водной массы) и промежуточным минимумом (ядро антарктической промежуточной водной массы) (рис. 2).



Р и с. 2. Типовые TS-кривые (типы вертикальной термохалинной структуры вод: С6Т — субтропический, С6А — субантарктический, II — полярный, А — антарктический, АП — антарктический прибрежный, ЗСУС — зоны слияния морей Уэдделла и Скоттия; цифры у кривых — глубина, м)

В Субантарктической климатической зоне вертикальная стратификация термохалинного поля качественно аналогична стратификации вод Субтропической зоны и относится к монотонному термическому – немонотонному халинному типу. Различия заключаются в количественных параметрах подповерхностного максимума солености, которые, как показано в [10], скачкообразно изменяются на границах этих климатических зон. Так, при пересечении южной границы Субтропической климатической зоны – Субтропического фронта – в направлении на юг отмечается резкое уменьшение солености в подповерхностном максимуме. На расстоянии 120 – 180 миль соленость в ядре субтропической водной массы уменьшается от 35,2 до 34,6‰. Подповерхностный максимум солености здесь существенно менее выражен по сравнению с Субтропической зоной (рис. 2).

Для Полярной климатической зоны характерна слабая вертикальная стратификация термохалинного поля. Оба экстремума солености на преобладающей части акватории Полярной климатической зоны практически отсутствуют. Температура воды здесь плавно уменьшается, а соленость незначительно возрастает с глубиной (рис. 2).

Вертикальная термохалинная структура вод Антарктической климатической зоны качественно отличается от структуры вышерассмотренных зон и относится к немонотонному термическому – монотонному халинному типу. Профиль температуры имеет два характерных экстремума: подповерхностный минимум, который представлен ядром зимней антарктической водной массы, и промежуточный максимум – ядро верхней глубинной циркуляционной воды. Соленость – монотонно возрастающая функция глубины (рис. 2).

Шельфовая область Антарктиды имеет собственную вертикальную термохалинную структуру. Здесь в результате действия зимней конвекции происходит опускание холодных и низкосолёных вод и формируется антарктическая шельфовая водная масса, которая, согласно анализируемым данным, в шельфовой области моря Уэдделла характеризуется средней температурой $-1,3 \dots -1,5^{\circ}\text{C}$ и средней соленостью 33,9 – 34,4‰. Типичный признак вертикальной стратификации – хорошо выраженный подповерхностный инверсионный слой с приращением температуры в несколько десятых градуса образуется под влиянием механизма термической стадии конвекции. Именно термическая конвекция в водах с положительным вертикальным градиентом солености, согласно [11], способствует формированию температурных инверсий. Причина инверсионного распределения температуры в водах антарктического шельфа также может быть связана с механизмом бокового обмена в системе фронта, отделяющего шельфовую область от открытых вод.

Отмеченная особенность вертикальной стратификации шельфовой зоны Антарктиды, обнаруженная в климатических полях, также известна из анализа данных инструментальных наблюдений, выполненных на различных участках антарктического шельфа [12, 13]. Поэтому TS -кривая, представленная на рис. 2, отражает немонотонный термический – монотонный халинный тип вертикальной стратификации, характерный для шельфовой зоны Антарктиды.

Расположенная в северо-западной части Антарктической климатической зоны и вытянутая вдоль дуг Южных Шетландских и Южных Оркнейских о-вов зона слияния морей Уэдделла и Скотия качественно отличается вертикальной термохалинной структурой от окружающих ее вод антарктиче-

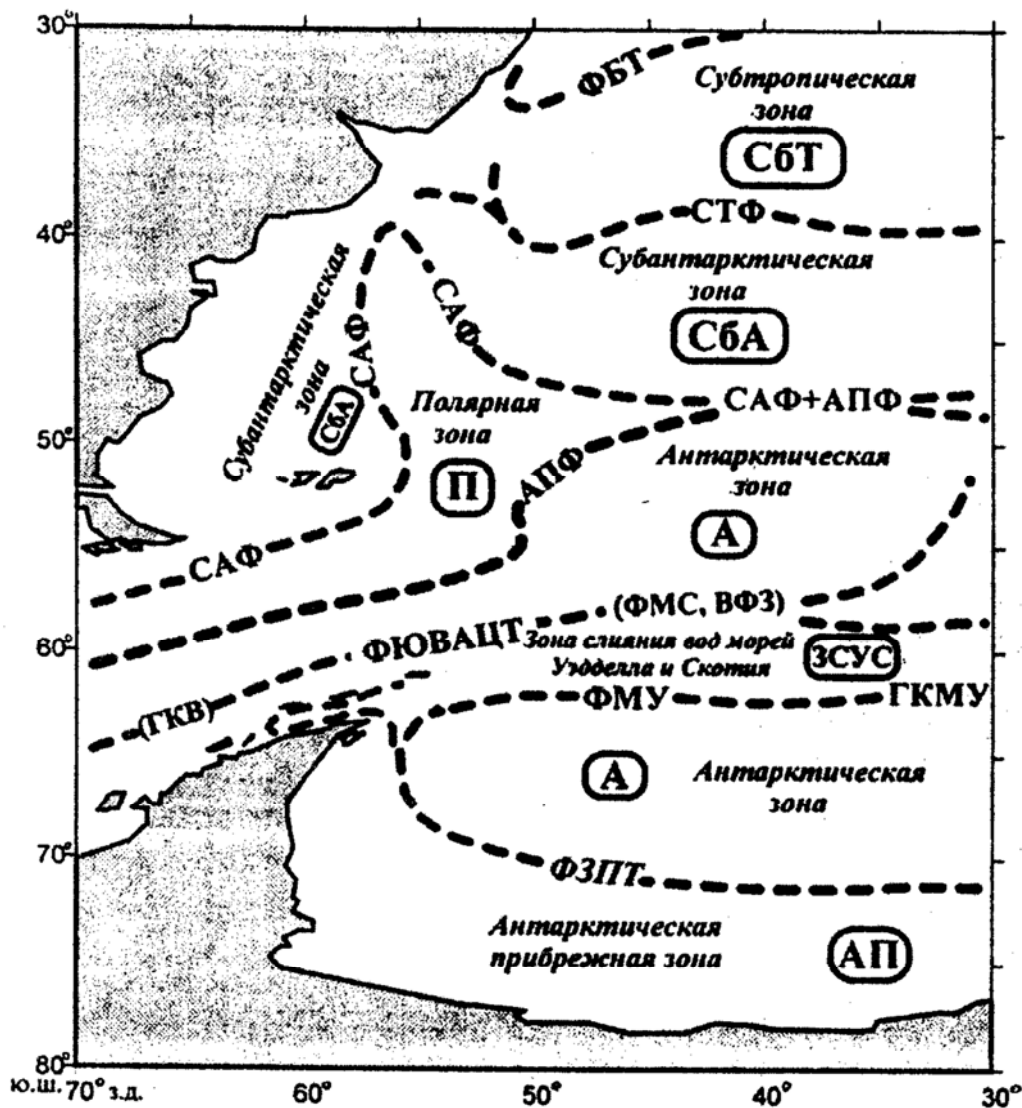
ского типа. В водах этой зоны отсутствуют температурные экстремумы, а слой 0 – 1000 м практически однороден по вертикали (рис. 2). Впервые это явление было описано Диконом и Мореем [14], Гордоном и др. [1]. Механизм формирования верхнего квазиоднородного слоя цитируемые исследователи объяснили процессами термической конвекции, возникающей в теплое полугодие в результате таяния айсбергов, которые аккумулируются в это время года на островных шельфах. Более детальные исследования данного явления [15] показали, что механизм термической конвекции, сопровождающий процесс таяния льда, не в состоянии выровнять стратификацию верхнего 1000-метрового слоя. Наряду с конвективным перемешиванием в этом процессе участвуют вертикальные токи в системе многочисленных квазистационарных топографических вихревых образований, типичных для данной области, и нисходящая циркуляция, вызываемая мезомасштабным квазистационарным антициклоническим вихрем, наблюдаемым в летнее время в области исследуемой зоны [15]. Данный монотонный термохалинный тип вертикальной стратификации характерен только для теплого полугодия. В холодное время года акватория зоны слияния морей Уэдделла и Скотия покрыта плотным полем дрейфующих льдов и айсбергов.

Районы с типовой вертикальной термохалинной структурой имеют природные границы, которые представляют собой климатические и вторичные крупномасштабные океанические фронты. Субтропический, субантарктический, полярный и антарктический типы вертикальной стратификации вод разделены климатическими фронтами Субтропическим, Субантарктическим и Антарктическим Полярным. Воды шельфовой зоны Антарктиды отделены от вод антарктического типа крупномасштабным фронтом Западного Прибрежного течения. Вторичные, гораздо менее изученные, фронты (Фронт моря Скотия и Фронт моря Уэдделла), разграничивают акваторию зоны слияния морей Уэдделла и Скотия и воды со структурой антарктического типа (рис. 3).

Отметим, что в современной океанографической литературе существует терминологическая неоднозначность в отношении наименований вторичных фронтальных образований Антарктической климатической зоны данного региона. Исторически сложилось так, что различные участки фронта Южной ветви Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ) в ходе их исследований приобретали разные наименования. Так, участок этого фронта в проливе Дрейка назван Границей континентальных вод [3]; участок, ограничивающий с севера зону слияния морей Уэдделла и Скотия – Фронтом моря Скотия [1]. В отечественной литературе Фронт моря Скотия называют Вторичной фронтальной зоной [16] (рис. 3).

Крупномасштабные фронты исследуемой акватории выделены на основе анализа горизонтальных градиентов климатических полей температуры и солености. Как оказалось, они достаточно четко проявляются по экстремальным значениям градиента этих полей. Отмеченное свойство иллюстрирует рис. 4. Также выявлено, что на участках, обеспеченных экспериментальными океанографическими данными, можно не только получить сведения о структурных особенностях того или другого фронта, но и проследить некоторые закономерности внутригодовой изменчивости параметров исследуемых фронтальных разделов, используя при этом средние месячные поля горизонтального градиента. Так, на рис. 5 в качестве примера приведены характеристики сезонной изменчивости параметров Субантарктического, Антарктиче-

ского Полярного фронтов и Фронта моря Скотия на горизонте 100 м в сечениях меридианов 40 и 55° з.д. Видно, что эти фронты в течение года испытывают меридиональные смещения и изменяют свою интенсивность от сезона к сезону. Аналогичные расчеты были проведены для всей исследуемой акватории в меридиональных сечениях, кратных 5° широты, для горизонтов от поверхности океана до глубины проникновения фронтального раздела каждого исследуемого фронта. Их анализ позволил расширить знания о фронтах юго-западной части Атлантического океана, выявить закономерности их структуры и внутригодовой изменчивости, исследовать особенности водных масс, взаимодействующих в системе рассматриваемых фронтальных образований.

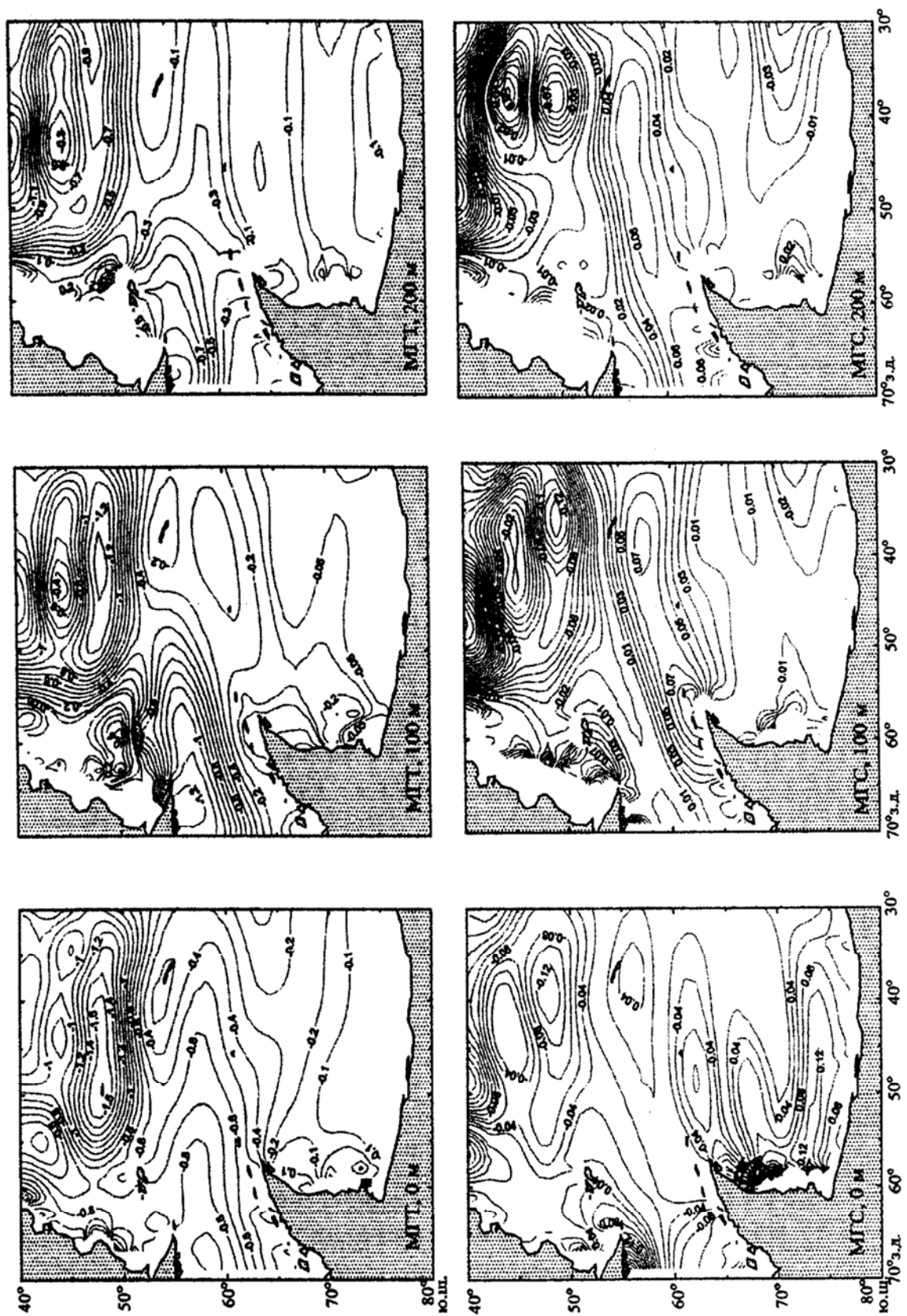


ФБТ - Фронт Бразильского течения
СТФ - Субтропический фронт
САФ - Субантарктический фронт
АПФ - Антарктический Полярный фронт
ФЮВАЦТ - Фронт Южной ветви АЦТ
ФМС - Фронт моря Скотия
ВФЗ - Вторичная фронтальная зона
ФМУ - Фронт моря Уэдделла
ГКВ - Граница континентальных вод
ГКМУ - Граница круговорота моря Уэдделла
ФЗПТ - Фронт Западного Прибрежного течения

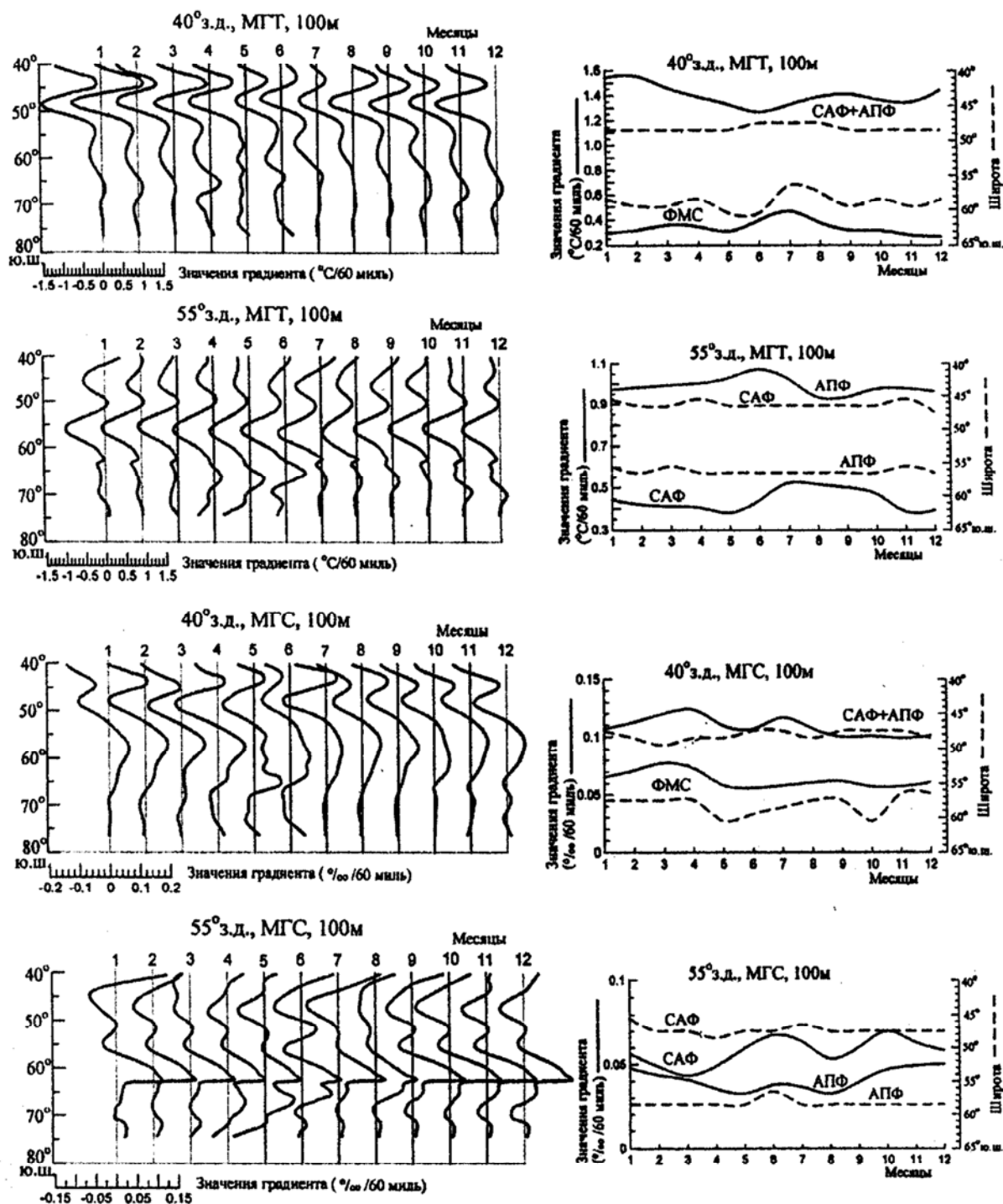
Типы структуры вод:

СБТ - субтропический
СБА - субантарктический
П - полярный
А - антарктический
ЗСУС - зоны слияния вод морей Уэдделла и Скотия
АП - антарктический прибрежный

Р и с. 3. Схема районирования исследуемой акватории по типовым признакам вертикальной стратификации термохалинного поля



Р и с. 4. Меридиональные градиенты горизонтальных полей температуры (МТГ) и солёности (МТС) на горизонтах 0, 100 и 200 м (март)



Р и с. 5. Сезонная изменчивость параметров фронтов в сечениях меридианов 40 и 55° з.д. (на рисунках справа значения градиентов даны по абсолютной величине; САФ — Субантарктический фронт, АПФ — Антарктический Полярный фронт; ФМС — Фронт моря Скотия; остальные обозначения те же, что на рис. 4)

Ниже обобщены результаты этих расчетов.

Субтропический фронт (СТФ) представляет собой область взаимодействия поверхностной и подповерхностной субтропических водных масс, расположенных с северной стороны фронтального раздела, с поверхностной и подповерхностной субантарктическими водными массами, находящимися к югу от фронта. Фронтальный раздел СТФ прослеживается до глубины 400 м и отчетливо выражен в полях температуры и солёности, где максимальные горизонтальные градиенты равны $-1,2^{\circ}\text{C}/60$ миль и $-0,2\text{‰}/60$ миль соответ-

венно. Знаки горизонтальных градиентов температуры и солености на фронтальном разделе здесь, а также для нижерассматриваемых фронтов приведены соответственно пересечению исследуемых образований в направлении с севера на юг.

Во внутригодовом ходе меридиональных смещений СТФ выявлены гармоника годового и полугодового периодов. Причем для его западных участков типична полугодовая составляющая, а с продвижением на восток вдоль фронтального раздела возрастает значимость годового сигнала. Так, в сечении меридиана 50° з.д. СТФ смещается к северу в марте и ноябре и к югу в январе и июле. В сечении 40° з.д. фронт занимает свое крайнее северное положение в мае – июле и крайнее южное — в ноябре – январе. Размах его меридиональных сезонных колебаний около 120 – 180 миль [10].

Субантарктический фронт (САФ) — самый интенсивный (отличается максимальными горизонтальными градиентами температуры и солености) из системы крупномасштабных фронтов региона. В области САФ взаимодействуют антарктическая промежуточная водная масса с южной стороны фронтального раздела, а также следующие по вертикали субантарктическая поверхностная, субантарктическая промежуточная и южноатлантическая центральная водные массы с северной стороны фронта. Фронтальный раздел САФ отчетливо выражен в полях градиента температуры и солености по максимальным значениям $-1,3^\circ\text{C}/60$ миль и $-0,2\text{‰}/60$ миль. Фронт прослеживается примерно до глубины залегания ядра антарктической промежуточной водной массы (~ 500 м). Размах сезонных меридиональных смещений САФ максимален на участке между 30 и 40° з.д., где оценивается в 180 – 240 миль. Летом – осенью Южного полушария (январь – май) фронт смещается на юг, в зимнее время (июль – ноябрь) — на север.

Антарктический Полярный фронт (АПФ) прослеживается до придонных горизонтов (~ 3000 м). В пределах фронта существуют три слоя, где взаимодействуют различные водные массы. В слое 0 – 250 м — антарктическая промежуточная и антарктическая зимняя. Поверхности раздела здесь имеют максимальные горизонтальные градиенты, которые составляют $-0,6^\circ\text{C}/60$ миль и $0,05\text{‰}/60$ миль. В слое от 250 примерно до 1000 м взаимодействуют антарктическая промежуточная и циркумполярная глубинная верхняя водные массы. Термохалинные градиенты в этом слое — $0,04^\circ\text{C}/60$ миль и $0,08\text{‰}/60$ миль. На глубинах ~ 1000 – 3000 м фронтальный раздел АПФ связан с взаимодействием циркумполярной глубинной и североатлантической глубинной водных масс, что в поле горизонтального градиента средней многолетней температуры проявляется в виде максимума $-0,1^\circ\text{C}/60$ миль. Поверхность раздела по солености здесь не прослеживается. Согласно анализируемым данным, АПФ подвержен относительно слабым

сезонным меридиональным смещениям с размахом, не превышающим 60 – 120 миль. В сентябре – ноябре АПФ занимает свое крайнее северное положение и в январе – мае максимально смещен к югу.

Фронт Западного Прибрежного течения (ФЗПТ) расположен в южной части моря Уэдделла над материковым склоном Антарктиды (изобаты 800 – 1000 м). Здесь, как уже упоминалось, формируется холодная и низкосоленая антарктическая шельфовая водная масса. Вдольбереговой поток Западного Прибрежного течения способствует распространению в область шельфа более холодных и менее соленых вод южной части моря Уэдделла. Образующийся при этом фронт, согласно анализируемым данным, расположен в слое 100 – 800 м, где имеет горизонтальные градиенты $-0,4^{\circ}\text{C}/60$ миль и $-0,6\text{‰}/60$ миль. Аналогичные параметры типичны для участка Фронта Западного Прибрежного течения в районе Земли Адели, который описан в работе [12] по данным экспериментальных исследований.

Вторичные фронты Антарктической климатической зоны включают Фронт Южной ветви АЦТ и Фронт моря Уэдделла. Эти образования мало изучены, а эмпирические сведения в районах рассматриваемых фронтов немногочисленны и относятся главным образом только к теплomu полугодю.

Фронт Южной ветви Антарктического Циркумполярного течения (ФЮВАЦТ) разделяет относительно теплые низкосоленые циркумполярные воды, переносимые Южной ветвью АЦТ, и холодные высокосоленные воды, формируемые в окраинных морях Антарктиды. Иногда эти воды называют водами высокоширотной модификации [16].

Фронт отличается развитой вихревой структурой, которая отчетливо проявляется на поверхности океана и хорошо фиксируется буксируемыми СТД-датчиками. Меандры и вихри, преимущественно топографической природы, имеют характерный горизонтальный масштаб от нескольких до 100 миль и прослеживаются до глубины нескольких сотен метров. Для вертикальной термохалинной структуры данного фронта типична ярко выраженная интрузионная стратификация. Ширина основного фронтального раздела ФЮВАЦТ около 60 миль. Известно, что положение ФЮВАЦТ существенно изменяется на межгодовом масштабе. Его основной фронтальный раздел испытывает меридиональные межгодовые смещения с размахом до 100 миль [16] и располагается как севернее, так и южнее гряд Южных Шетландских и Южных Оркнейских о-вов.

Довольно детальный анализ структуры участка ФЮВАЦТ, который соответствует Фронту моря Скотия, представлен в работе [15]. В самые теплые месяцы года Южного полушария (февраль – март) данный фронт характеризуется следующими параметрами. Его фронтальный раздел наилучшим образом выражен на поверхности океана в виде полосы повышенного горизонтального градиента между изотермами $1 - 2^{\circ}\text{C}$. Также довольно четко Фронт

моря Скотия проявляется в слое подповерхностного минимума температуры в виде квазизональной полосы повышенного горизонтального градиента между изотермами 0 – 1°C.

Фронт моря Уэдделла (ФМУ) представляет собой южную границу зоны слияния морей Уэдделла и Скотия. Фронт расположен в северо-западной части моря Уэдделла. Восточные участки ФМУ известны под наименованием Границы круговорота моря Уэдделла (рис. 3).

В поле фактических данных ФМУ может быть обнаружен в слоях подповерхностного минимума (~100 м) и промежуточного максимума (~300 – 400 м) температуры по повышенному на общем фоне горизонтальному градиенту температуры.

Закключение. На основе расчетов, выполненных по массивам фактических и климатических данных [4, 5], исследованы особенности вертикальной термохалинной стратификации вод; структура, природа и сезонная изменчивость климатических и вторичных крупномасштабных фронтов, а также основных водных масс региона Юго-Западной Атлантики и прилегающих к нему антарктических акваторий.

Выделено шесть типов крупномасштабной вертикальной структуры вод. К ним относятся известные типы, наблюдаемые в пределах климатических зон: субтропический, субантарктический, полярный, антарктический и гораздо менее исследованные типы вертикальной термохалинной структуры, характерные для зоны слияния морей Уэдделла и Скотия и шельфовой зоны Антарктического материка. Выявлено, что воды зоны слияния морей Уэдделла и Скотия отличаются квазиоднородным слоем толщиной 0 – 1000 м, формируемым в теплое время года Южного полушария под влиянием конвективных токов, возникающих в результате таяния плавучего льда и вертикальной циркуляции в системе топографических вихревых образований. Типичный признак вертикальной структуры шельфовых вод Антарктиды — инверсионное распределение температуры — связан с механизмом термической стадии конвективного перемешивания и боковым обменом в системе Фронта Западного Прибрежного течения.

Районы с типовой вертикальной термохалинной структурой имеют природные границы, которые представляют собой климатические и вторичные крупномасштабные океанические фронты. Субтропический, субантарктический, полярный и антарктический типы вертикальной стратификации вод разделены климатическими фронтами Субтропическим, Субантарктическим и Антарктическим Полярным. Воды шельфовой зоны Антарктиды отделены от вод антарктического типа крупномасштабным Фронтом Западного Прибрежного течения. Вторичные фронты (Фронт моря Скотия и Фронт моря Уэдделла) разграничивают акваторию зоны слияния этих морей и воды со структурой антарктического типа.

Показано, что из всех климатических фронтов региона Антарктический Полярный фронт имеет самый мощный раздел, распространяющийся до дна океана. В пределах фронта по глубине существуют три слоя, где взаимодействуют три пары водных масс. Антарктический Полярный фронт наиболее стабилен в пространстве. Его меридиональные сезонные смещения не превышают 60 – 120 миль. Фронтальный раздел Субантарктического фронта прослеживается до глубины 500 м. Этот фронт наиболее интенсивен и отличается максимальными горизонтальными градиентами температуры и солености. Субтропический климатический фронт хорошо выражен в поверхностной структурной зоне океана и проявляется в полях температуры и солености. Для Субантарктического и Субтропического фронтов типична более существенная динамика. Сезонный размах их меридиональных смещений оценивается в 120 – 180 миль.

Внутригодовая изменчивость параметров фронтальных разделов исследуемого региона характеризуется гармоническими составляющими годового и полугодового периодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gordon A.L., Georgi D.T., Taylor H.M.* Antarctic Polar Frontal Zone in Western Scotia Sea, summer 1975 // *J. Phys. Oceanogr.* — 1977. — 7, № 3. — P. 309 – 328.
2. *Саруханян Э.И., Смирнов Н.П.* Водные массы и циркуляция Южного океана // Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 288 с.
3. *Peterson R.G., Stramma L.* Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean // *Progr. Oceanogr.* — 1991. — 26. — P. 1 – 73.
4. *Levitus S., Boyer P.T.* World Ocean Atlas // U.S. CD-ROM Data Sets. — Washington, D.C.: National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, 1994.
5. *Levitus S., Conkright M., Boyer P.T. et al.* Results of the IOC Global Oceanographic Data Archaeology and Rescue (GODAR) project // U.S. CD-ROM. NOAA NESDIS Tech. Rep., 1998.
6. *Классификация и кластер* / Под ред. Дж. Ван Райзина. — М.: Мир, 1980. — 389 с.
7. *Булгаков Н.П., Ломакин П.Д., Рыбалка В.А.* Исследование гидрофизической структуры Карибского моря с применением кластер-анализа // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1988. — № 12. — С. 12 – 15.
8. *Булгаков Н.П., Воскресенская Л.А., Скрипалева Е.А., и др.* Климатические горизонтальные градиенты термохалинных характеристик Тропической Атлантики // Морской гидрофизический журнал. — 2000. — № 4. — С. 30 – 46.
9. *Степанов В.Н., Агапитов Е.Н., Гриценко А.М.* Термохалинная стратификация вод Мирового океана. — М.: Наука, 1984. — 140 с.
10. *Артамонов Ю.В., Булгаков Н.П., Ломакин П.Д.* Вертикальная термохалинная структура и климатические фронты Юго-Западной Атлантики // Морской гидрофизический журнал. — 2000. — № 6. — С. 56 – 66.
11. *Булгаков Н.П.* Конвекция в океане. — М.: Наука, 1975. — 272 с.
12. *Jacobs S.S., Georgi D.T.* Observations in the southwest Indian/Atlantic Ocean // *A voyage of Discovery.* — Oxford, 1977. — P. 43 – 84.
13. *Булгаков Н.П., Украинский В.В., Попов Ю.И. и др.* Структура и кинематика вод в районе Аргентинских островов осенью 1998 года // Морской гидрофизический журнал. — 1999. — № 5. — С. 41 – 50.

14. *Deacon G.E.R., Moorey J.A.* The boundary regions between currents from the Weddell Sea and Drake Passage // *Deep-Sea Res.* — 1975. — 22, № 4. — P. 265 – 268.
15. *Булгаков М.П., Артамонов Ю.В., Ломакін П.Д.* Особливості структури вод у зоні злиття морів Скотія та Уедделла влітку Південної півкулі // *Допов. НАН України.* — 2002. — № 7. — С. 127 – 132.
16. *Афанасьев Б.В., Масленников В.В.* Океанологические условия летом 1982 г. в южной части моря Скотия — в северной части моря Уэдделла. — М., 1983. — 38 с. — (Препринт / ВНИРО).

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 16.12.02.
После доработки 04.03.03.

ABSTRACT Temperature and salinity vertical profiles are classified based on the modern array of actual and monthly average oceanographic archival data. The scheme of zoning of the area under investigation according to the typical features of the thermohaline field vertical stratification is proposed. Main large-scale fronts are chosen and mapped based on the criterion of the maximum value of temperature and salinity horizontal gradient. Front parameters and some regularities of their seasonal variability are described. The information on water masses interacting in the front system under investigation is presented.