

Выводы

1. Показатель степени меандрирования K представляет собой достаточно объективную характеристику взаимодействия различных водных масс, а также является индикатором наличия и величины холодных и теплых затоков в районе ЮПФЗ.

2. Сформированный банк карт ТПО по данным ИСЗ позволяет оценить степень меандрирования фронтальной зоны во времени, а текущая информация о температуре поверхности океана — организовать мониторинг изменчивости меандрирования ЮПФЗ.

3. Поскольку образование и распределение промысловых скоплений миктофид в определенной степени зависят от характера меандрирования ЮПФЗ, то показатель степени меандрирования K может служить ориентиром при поиске скоплений и изучении закономерностей их распределения.

В.В.Масленников, Е.В.Хомутов (ВНИРО)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ ОКЕАНИЧЕСКИХ ФРОНТОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКЕ

Современные отечественные и зарубежные метеорологические спутники типа "Метеор" и "НОАА" дают возможность получать в режиме непосредственной передачи изображения подстилающей поверхности в телевизионном (ТВ) и инфракрасном (ИК) диапазонах электромагнитного излучения для любого района Мирового океана. Станции приема и обработки спутниковой информации, которые установлены на некоторых судах отрасли, позволяют наблюдать за сложившимися метеорологической и гидрологической ситуациями на площади до 8 млн кв. км в реальном масштабе времени.

На борту РТМС "Возрождение" успешно использовалась станция приема и обработки спутниковой информации "Nesdus-70" (Япония).

Устройство и принцип работы станции "Nesdus-70"

Станция "Nesdus-70" принимает сигналы, передаваемые спутниками серии "NOAA" (Национальное управление океанических и атмосферных исследований) в режиме непосредственной передачи, осуществляет обработку получаемой информации, индуцирует изображение подстилающей поверхности на телевизионном мониторе в реальном масштабе времени.

Основные функции, выполняемые данной станцией:

Работа в автоматическом режиме. После вычисления орбиты спутника по вводимым элементам орбиты и географической широте и долготы принимающей станции в расчетное время осуществляется автоматический прием данных; при этом возможна автоматическая запись этих данных на магнитную ленту.

Автоматическое построение координатной сетки и нанесение на изображение позиции принимающей станции.

Индикация на телевизионном мониторе изображений различных типов, таких как изображения, полученные в ИК- и ТВ-диапазонах, комбинированных изображений, получаемых путем комбинирования изображений в ИК- и ТВ-диапазонах, изображений в режиме "Sea".

Хранение данных на магнитной ленте.

Вывод изображений на цветное печатающее устройство.

Станция состоит из следующих основных блоков:

антенна сверхвысокой частоты;

процессор изображения;

рабочий блок, в состав которого входит высокочастотный блок, пульт управления и кассетное запоминающее устройство;

телевизионный монитор.

На рис. 1 представлена блок-схема станции. Установленная снаружи СВЧ антенна принимает сигналы автоматической передачи изображения (АРТ), поступающие со спутника. Данная антенна является ненаправленной, что позволяет вести прием без слежения за спутником. Сигнал поступает в рабочий блок, проходит через фильтр и поступает в высокочастотный блок. Высокочастотный блок является высокочувствительным приемником с частотной модуляцией. В высокочастотном блоке сигнал преобразуется в амплитудно-модулированный (2,4 кГц), который поступает к процессору изображения.

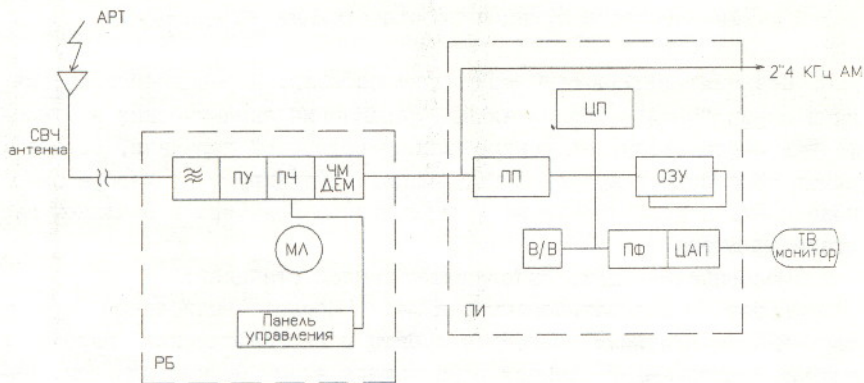


Рис. 1. Блок-схема станции "NESDUS-70"

Процессор изображения предназначен для обработки видеоданных. В состав процессора изображения входит центральный процессор, формат которого 16 бит. В процессоре изображения сигнал подвергается амплитудно-модулированной демодуляции, синхронизации и аналогово-цифровому преобразованию. Далее сигнал записывается на две области: одна - для данных ИК-датчиков, другая - для данных оптических датчиков. Согласно выбранному в рабочем блоке методу индикации после цифроаналогового преобразования информация поступает на телевизионный монитор.

В блок-схеме не приведены некоторые блоки, которыми может быть доукомплектована станция. К ним относятся: цветное печатающее устройство, приемное устройство с телепринтером, цифровой датчик температуры. Подробно на их устройстве и принципе работы останавливаться не будем, однако ниже приведем те случаи, при которых необходимо их использование.

Эксплуатация станции "Nesdus-70"

Станция принимает информацию со спутников в автоматическом режиме, т.е. процессором рассчитывается время включения "на прием". Чтобы процессор смог произвести необходимые расчеты, на первом этапе нужно ввести орбитальные данные спутников. Прогноз ор-

Орбитальных данных передается радиоцентрами различных стран, сеть которых охватывает весь земной шар, в форме телеграмм АРТ PREDIKT. Для приема данных телеграмм и ввода их в станцию и служат принимающее устройство с телепринтером, о котором упоминалось выше. Однако при отсутствии телепринтера возможен ввод орбитальных данных вручную с клавиатуры. Так как точность орбитальных данных влияет на точность временной и географической привязки, ввод данных необходимо производить не реже двух раз в неделю. Вторым шагом является ввод географических координат принимающей станции. Если станция сопряжена со станцией спутниковой навигации, то ввод географических координат будет производиться один раз в час без участия оператора, если же сопряжение отсутствует, то их приходится вводить вручную с клавиатуры. Третьим элементом, необходимым для расчетов, является текущее время. С этой целью в станции имеется внутренний таймер, который функционирует постоянно, и ввод времени производится без участия оператора.

После того как необходимая для расчета информация введена, нужно ввести функцию расчета времени прохождения спутника в зоне радиовидимости. После этого на экран монитора будет выведена необходимая для оператора информация, которая включает в себя: проекцию орбит спутников, время прохождения спутников над зоной радиовидимости, время приема, режимы приема (какую информацию принимать: ИК, ТВ или ИК+ТВ, записывать ее на магнитную ленту в автоматическом режиме или в ручном, выводить изображение на "твердую копию" или нет). После того, как необходимые манипуляции произведены, станция готова к работе со спутниками.

Предварительная подготовка изображения

Первое, на что надо обратить внимание - это правильность географической привязки. На изображение подстилающей поверхности автоматически наносится координатная сетка. Правильность ее нанесения можно проверить только в том случае, когда на изображении присутствуют какие-либо географические ориентиры (участки материков, острова и т.п.). При их наличии по известным координатам можно определить правильность географической привязки. Если имеющая-

ся координатная сетка не соответствует истинной, необходимо воспользоваться функцией "Ручная коррекция координатной сетки".

Следующий этап - это выделение безоблачных участков. Так как облачность для ИК-диапазона не является "прозрачной", то работать можно только с участками, открытыми от облачности. Для этого можно воспользоваться режимом "Sea". При работе в этом режиме вся облачность на изображении окрашивается в ровный белый цвет. Это происходит следующим образом: на ТВ-изображении визуальное определяется та градация цветового клина, с которой начинается облачность; все превышающие это значение градации клина окрашиваются в белый цвет, после чего окрашенное белым поле накладывается на ИК-изображение. Таким образом, мы получаем ИК-изображение с выделенными полями облачности. Здесь нужно обратить внимание на то, что при работе в этом режиме может возникнуть нежелательный эффект солнечного блика. Так как яркость солнечного блика на ТВ-изображении совпадает с яркостью облачности, то участок блика окрасится белым цветом и будет рассматриваться как облачность.

Следующий шаг - коррекция температуры. Для выполнения температурной коррекции предусмотрен цифровой термометр, который выполняет измерение температуры воды контактным способом. Имея показания этого термометра, мы можем воспользоваться функцией "Ручная коррекция температуры". Однако необходимо помнить, что это возможно делать только при том условии, когда над судном безоблачное небо. Есть другой способ произвести коррекцию температуры. Воспользовавшись функцией ручной коррекции, нужно подвести курсор к точке, в которой известна температура воды, и ввести данную температуру.

Необходимо отметить немаловажный момент при производстве коррекции температуры. Коррекция, произведенная по одной точке, распространяется на все изображение. Это будет верно в том случае, когда над всем рассматриваемым районом располагается однородная воздушная масса. Если над районом располагаются различные воздушные массы, передаточные функции которых отличны, ввод температурной коррекции по одной точке не даст правильных результатов для всего изображения. В этом случае необходимо производить коррекцию для каждого района отдельно.

Хочется остановиться на работе с изображениями районов, над которыми распространяется туман. При выделении областей распро-

странения тумана можно столкнуться с определенными трудностями. В первую очередь, это связано с тем, что они имеют радиационную температуру более высокую, чем облачность, в некоторых случаях их температура выше, чем температура воды (например, адвективные туманы, распространяющиеся над водами южнее ЮПФЗ). Влияние этих туманов сказывается в сглаживании температурных градиентов на поверхности воды, что, в свою очередь, затрудняет выделение южной границы ЮПФЗ. Поэтому необходимо производить анализ ИК-изображений в сравнении с предыдущими снимками. Активная циклоническая деятельность в районе ЮПФЗ способствует постоянной смене зон распространения тумана, что значительно упрощает их выделение по ряду последовательных снимков. Если же нет возможности просмотреть ряд последовательных снимков, а следовательно, точно определить отсутствие тумана над рассматриваемым районом, необходимо при дешифрировании учитывать синоптическую обстановку, анализ которой позволит определить вероятность распространения адвективного тумана. Более простым является выделение районов, над которыми находятся плотные туманы. На ТВ-снимках они представляются в виде обширных участков практически одинаковой яркости с достаточно резкими границами, нередко их можно спутать с тонкой низкой слоистой облачностью. Если их рассматривать на ИК-изображении, то картина будет схожей, так как по всему полю они имеют ровный фон радиояркой температуры. Для района ЮПФЗ северной границей распространения тумана, как правило, является южная граница фронтальной зоны.

Как было сказано выше, наличие облачности существенно затрудняет обработку ИК-изображений, а нередко делает ее вообще невозможной. Для некоторых районов наличие достаточно больших "облачных окон" — явление довольно редкое. К таким районам относится и район ЮПФЗ. По данным метеорологических наблюдений, произведенных в рейсах, 8-10-балльная облачность отмечалась в 70-75% случаев от общего числа произведенных наблюдений. Поэтому возможность получения изображения интересующего района, полностью открытого от облачности, очень мала. Для восстановления поля ТПО при исследованиях районов со сложной синоптической обстановкой успешно можно использовать композиционный метод построения карт. Композиционный метод основывается на том факте, что облачные системы характеризуются высокой динамичностью, на фоне которой температур-

ное поле морской поверхности можно считать малоизменчивым. Накапливая информацию с последовательных витков, можно получать данные о температуре поверхности океана все с новых и новых открывающихся от облачности участков по мере перемещения облачных систем. Таким образом, на основании данных нескольких последовательных витков ИСЗ можно построить одну карту, значения ТПО на которой будут соответствовать только открытой водной поверхности (Виноградов, 1980).

При использовании композиционного метода построения карт могут возникнуть определенные трудности. Во-первых, в зависимости от взаимного расположения траектории орбиты спутника и точки нахождения принимающей станции могут возникнуть значительные геометрические искажения проекции координатной сетки. Данное обстоятельство не позволяет напрямую состыковывать участки изображений, принятых от разных витков спутников, без предварительной трансформации координатной сетки. Поэтому необходимо участки карт ТПО наносить на бланковку, по мере заполнения которой будет вырисовываться целостная картина температурного поля интересующего района. Во-вторых, необходимо учитывать то обстоятельство, что существует суточный ход ТПО и прозрачность атмосферы может изменяться от дня ко дню. Поэтому для приведения нескольких разновременных измерений ТПО в районе к одному моменту времени используется методика статистического анализа тестовых участков. Данная методика описана в работе "Временные методические рекомендации по приему, обработке и использованию спутниковой ИК-информации по температуре поверхности морей и океанов", подготовленной ЛО ГОИН.

Перед тем, как переходить к анализу полученных в рейсах результатов по спутниковым данным о температуре поверхности океана хочется отметить, что ТВ-изображения дают наглядное представление о поле облачности. Данная информация представляет большой интерес для анализа синоптической ситуации, складывающейся над районом, уточнения карт погоды, а также может использоваться в навигационных целях.

Анализ ИК-изображений

Несмотря на рассмотренные выше трудности, связанные с получением изображения и последующим его анализом, значение данной

аппаратуры как для поисковых, так и для исследовательских целей трудно переоценить. Температура поверхности океана — достаточно репрезентативный показатель распространения водных масс, особенно во фронтальных зонах. Южная Полярная фронтальная зона — циркумполярная зона активного динамического взаимодействия антарктических и субантарктических вод. Летом, в период максимального поверхностного прогрева, температурные различия между ними достигают $6-9^{\circ}\text{C}$ (от $3-4^{\circ}\text{C}$ на северной периферии антарктических вод до $10-12^{\circ}\text{C}$ на южной периферии субантарктических). Максимальный диапазон поверхностной температуры наблюдается в так называемых "жгутах" ЮПФЗ, там где осуществляется непосредственный контакт разных вод, где сама фронтальная зона минимальна по ширине (30-40 миль). Однако на большей части полигона структура ЮПФЗ очень сложна, характеризуется сильным меандрированием, взаимовключениями контактирующих вод, что приводит к размыванию зоны, иногда значительному удалению южной границы ЮПФЗ от северной. На таких участках ширина зоны большей частью колеблется в пределах 150 миль, но иногда достигает и больших величин (до 300 миль). Северная граница ЮПФЗ более градиентна, чем южная, и обычно ее географическое положение, выявляемое по ИК-изображениям, не вызывает сомнений. Сложнее обстоит дело с попытками выявления южной границы, более размытой, менее градиентной.

Более благоприятные метеорологические условия (с точки зрения развития облачности) создаются в районе Патагонского шельфа. Кроме того, здесь контактируют воды, более контрастные по температуре: летом холодное Фолклендское течение — $6-8^{\circ}\text{C}$ на поверхности, воды Патагонского шельфа — до $15-16^{\circ}\text{C}$, теплое Бразильское течение — до $16-18^{\circ}\text{C}$ (все это южнее 35° ю.ш.). Так что здесь открываются большие возможности для постоянного слежения за взаимодействием этих трех самостоятельных, взаимодействующих динамических систем.

Рассмотрим несколько примеров анализа материала, полученного с помощью аппаратуры "NESDUS" для отдельных районов Юго-Западной Атлантики.

Район Южной Полярной фронтальной зоны. Наиболее удачным можно считать изображение, полученное 15 декабря 1987 г. В этот день большие пространства акватории были свободны от облачности. Это довольно редкое здесь явление, о чем уже упоминалось выше. Прак-

тически между 25 и 45° з.д. можно видеть пространственное расположение разных типов вод, характеризующихся разной поверхностной температурой (рис. 2). К сожалению, нам придется иллюстрировать полученный материал с помощью схематичного отделения друг от друга областей разного цвета на ИК-изображении. Конечно, такой метод несколько упрощает картину, однако все же дает представление о распространении разных вод. Естественно, наиболее четко видна северная граница ЮПФЗ. На рисунке она прослеживается узкой полосой (желтого цвета на оригинале) в диапазоне 4,5–6,5°C. В начале лета на данной акватории эти величины поверхностной температуры можно считать наиболее характерными для северной границы ЮПФЗ. Конечно, это не весь диапазон температуры, составляющей зону ее высокого горизонтального градиента, соответствующую данному физическому фронту. Это, пожалуй, крайние южные значения полного диапазона (4,5–10,0°C). Узость полосы свидетельствует о высоком горизонтальном градиенте температуры в ней.

Вблизи 35° з.д. (см. рис. 2, обозначение а), от нее отшнуровывается узкий поток теплых вод, растекающийся в южном направлении и постепенно расширяющийся. Этот теплый меандр зафиксирован на съемке и виден на рис. 8 в статье Зозули и др. в настоящем сборнике (Изменчивость..., 1990). Отличие его от ИК-изображения заключается не столько в конфигурации самого меандра, сколько в географическом положении источника заполняющих его вод. Причем предпочтение, по нашему мнению, следует отдать спутниковой картинке. Обычная гидрологическая съемка, конечно, ограничивает возможность подробного описания структуры ЮПФЗ. Съемка длилась 15 дней (с 14 по 29 декабря 1987 г.). Снимок сделан 15 декабря 1987 г., т.е. в самом начале съемки.

Характерно, что развитие меандра происходит не за счет общего отклонения теплых вод на юг, вызванного крупномасштабными или мезомасштабными пространственными колебаниями северной границы, а в результате активного прорыва этих вод через фронт и широкого растекания их в пределах ЮПФЗ. Таким образом, устья меандров, как правило, представляют собой узкие струйные потоки.

Восточнее, примерно на меридиане 31°30' з.д., происходит еще одно вклинивание теплых вод в южном направлении (см. рис. 2, обозначение в). Эти вклинивания, на схеме представляющие собой вытянутые в южном направлении области и охватывающие воды с $T =$

= 4,5–6,5°C, являются, по-существу, стречневыми участками теплых меандров. Сами меандры, на южной периферии которых формируются высокоградиентные зоны, соответствующие южной границе ЮПФЗ, занимают значительно большую акваторию.

Далее к востоку поверхностное выражение (повышенный горизонтальный градиент температуры) северной границы ЮПФЗ столь сильно размывается в данном диапазоне температуры, что становится нерепрезентативным. Происходит это в силу мощного напоя поверхности вод ЮПФЗ на субантарктические. Их влияние прослеживается до 46° ю.ш. В результате поверхностный градиент температуры на северной границе ЮПФЗ уменьшается за счет снижения верхнего уровня температуры с 9–10°C (к западу от 32° з.д.) до 6–7°C.

Большой интерес вызывают образования на северной границе ЮПФЗ, обозначенные на рис. 2 буквами с и д. Они представляют собой вытянутые вдоль фронта внедрения (протяженностью 80–100 миль) относительно холодных вод, характеризующихся температурой выделенного на схеме диапазона (см. рис. 2, обозначение с), или также относительно холодных вод фронтальной зоны (см. рис. 2, обозначение д). Довольно часто при пересечениях северной границы ЮПФЗ отмечается как бы двойное ее прохождение, что, возможно, связано с описанным выше явлением, несомненно имеющим вихревую природу. Представляется, что отмеченные (в виде лент на схеме) внедрения состоят из цепочки относительно небольших по размерам циклонических вихрей диаметром менее 10 миль. Это угадывается на оригинале ИК-изображения по заметным сужениям и разрывам на протяжении ленточных внедрений (на схеме это, к сожалению, передать сложно). В первом случае (обозначение с) с южными перифериями вихрей происходит вовлечение более теплых (субантарктических) вод, формирующих аналогичное по форме ленточное образование, состоящее, по-видимому, уже из цепочки антициклонических вихрей (см. рис. 2, обозначение е). Во втором случае (см. рис. 2, обозначение д) подобная ситуация вызвана затягиванием вод ЮПФЗ в узкое пространство между потоком восточного направления (соответствующим северной границе) и развивающимся теплым меандром (т.е. антициклоническим круговоротом). Их разнонаправленность предопределяет наличие цепочки циклонических вихрей в ленточной форме, обозначенной на рис. 2 буквой д.



Рис. 2. Схема ИК-изображения района КТЭЗ 15 декабря 1987 г. (МОАА 09):
 1 - облака; 2 - $T_0 = 4,5-6,5^{\circ}\text{C}$; 3 - границы между разными цветовыми градиентами; 4 - айсберг

Как уже отмечалось выше, южная граница ЮПФЗ не поддается столь простой индикации, как северная в силу значительно меньшего горизонтального градиента поверхностной температуры. Прежде всего для ее выявления необходимо "поиграть" цветовыми гаммами, задавая различные диапазоны температуры. Сложность заключается в том, что заданные величины температуры, позволяющие "поймать" участки высокого горизонтального градиента, могут выпадать из искомой высокоградиентной зоны в другом месте, т.е. физическому фронту, соответствующему южной границе ЮПФЗ, свойственны на его протяжении разные величины поверхностной температуры. Кроме того, подобные градиенты могут формироваться в результате развития локальных динамических образований, не обязательно связанных с южной границей ЮПФЗ. Все это приводит к фрагментарности изображения. Однако при наличии опыта и тщательности анализа можно получать неплохие результаты.

На рассматриваемом рисунке положение южной границы ЮПФЗ (определенное на съемке) совпадает с южным пределом распространения вод, характеризуемых диапазоном $T = 2,5-4,5^{\circ}\text{C}$, но только лишь на участке между 34 и 38° з.д. Кстати, один из вариантов поиска положения южной границы как раз и заключается в определении температуры, свойственной большей части градиентной зоны (соответствующей южной границе ЮПФЗ), и выводе этой величины на границу между двумя контрастирующими цветами. В этом случае фронт будет идентифицироваться не полосой одного цвета, а линией, разделяющей два разных цвета. Именно таким способом был выявлен довольно протяженный и сложный участок южной границы ЮПФЗ в юго-восточной части полигона (рис. 3). Эти изображения были получены 17 октября и 14 декабря 1988 г. (последнее в середине периода подробных исследований южной границы). Линия, условно отождествляемая нами с южной границей ЮПФЗ, разделяет здесь красный и желтый цвета и соответствует поверхностной температуре $2,0-2,5^{\circ}\text{C}$ в первом случае и $2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ на втором изображении. На отдельных сомнительных участках проводилась корректировка со сдвигом граничной изотермы в пределах $0,5^{\circ}\text{C}$ в обоих случаях. Рисунок позволяет оценить возможный характер изменчивости конфигурации данной границы. Вообще же нужно отметить, что изучение изменчивости структуры ЮПФЗ в данном районе с помощью спутниковой информации проводить весьма

сложно из-за сильного развития облачности и, как следствие, довольно редкого приема качественных изображений.

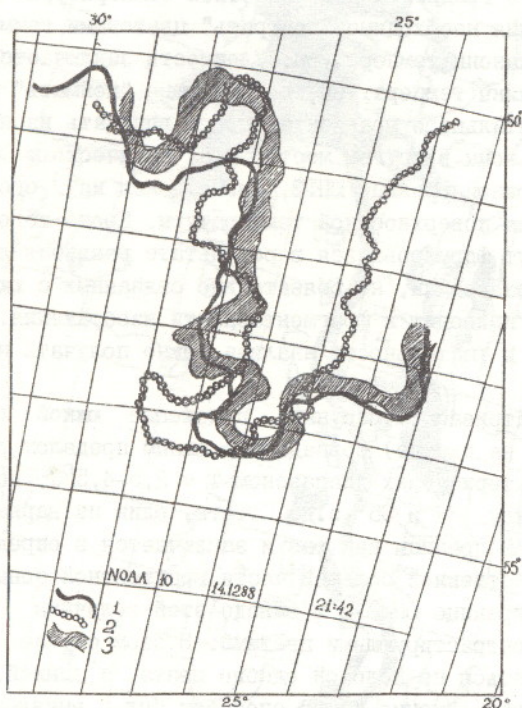


Рис. 3. Положение южной границы ЮПФЗ:

1 - по спутнику I7 октября 1988 г.; 2 - по спутнику I4 декабря 1988 г.; 3 - по съемке 2-26 декабря 1988 г.

Район, примыкающий к Патагонскому шельфу Южной Америки. ИК-изображения данного района отличаются от рассмотренных выше прежде всего меньшей мозаичностью. Достаточно сильный прогрев земной поверхности (обычно свыше 20°C весной и летом Южного полушария) позволяет четко "отбивать" материк (Южная Америка), его заливы и полуострова, которые служат прекрасными ориентирами для корректировки градусной сетки. Особо полезным для этой цели был имеющий весьма характерную конфигурацию полуостров Вальдес (рис. 4).

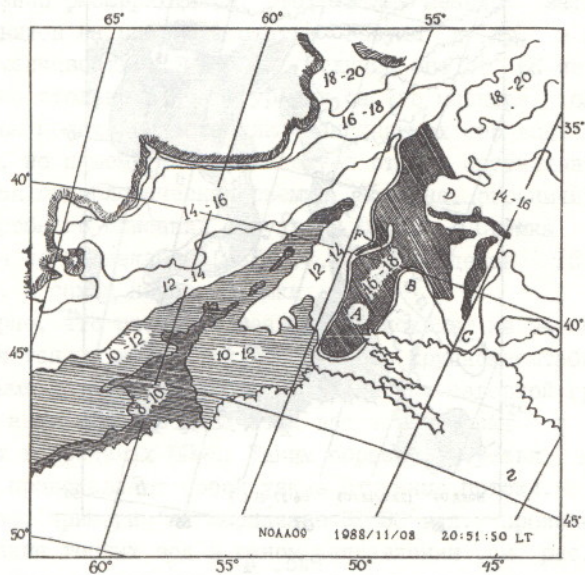
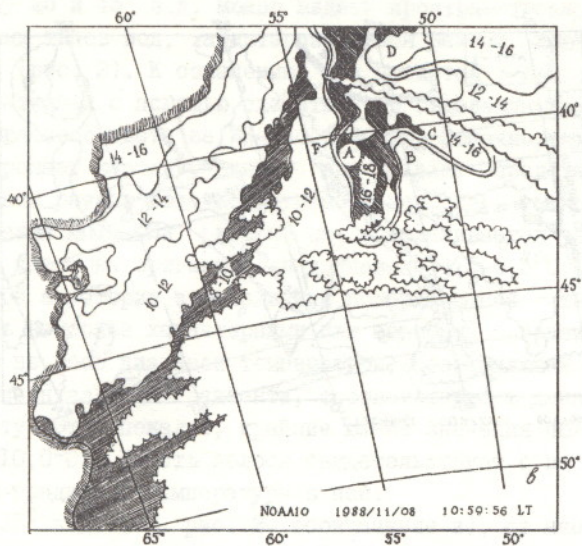


Рис. 4

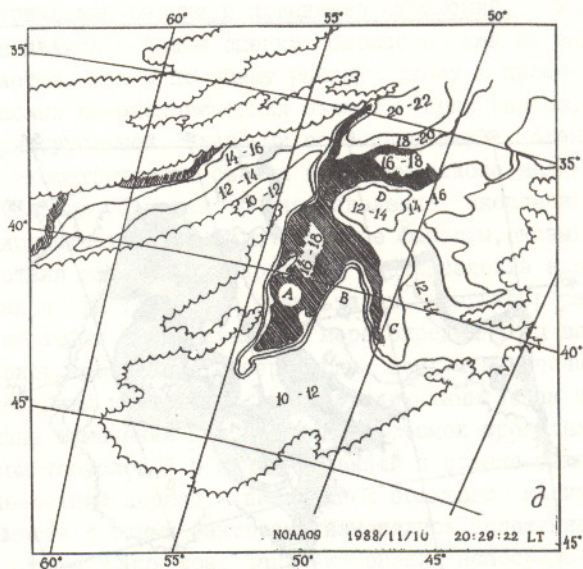


Рис. 4

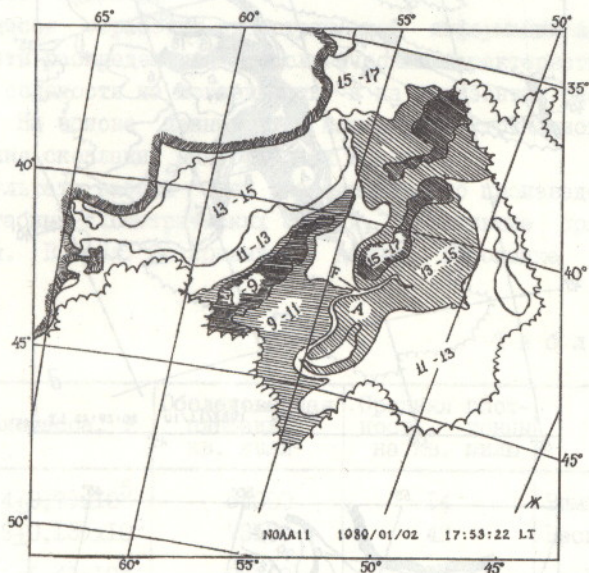


Рис. 4. Схема ИК-изображения района Юго-Западной Атлантики (диапазоны температуры даны в °С):

1 - облака; 2 - границы между разными цветовыми градациями: а - 10 ноября 1967 г.; б - 3 декабря 1967 г.; в - 8 ноября 1988 г. (утро); г - 8 ноября 1988 г. (вечер); д - 10 ноября 1988 г.; е - 15 ноября 1988 г.; ж - 2 января 1989 г.

Однако нужно отметить, что не на всех изображениях координатная сетка строго корректировалась. Это было трудно сделать, когда облаками был закрыт материк или его элементы, наиболее удобные для географической привязки. Поэтому мы не ставим перед собой цели подробного и тщательного анализа изменчивости структуры Фолклендского и Бразильского течений. Скорее наша задача показать возможности такого исследования с помощью спутниковой аппаратуры.

Мы имеем в своем распоряжении ИК-изображения за ноябрь 1967 и 1968 гг., декабрь 1988 г., январь 1989 г. - всего 7 изображе-

ний (см. рис. 4). Основными выводами, которые можно сделать после сопоставления ситуаций, наблюдавшихся в перечисленные сроки, можно считать относительную устойчивость Фолклендского течения (особенно его западной периферии, примыкающей к материковому склону) и, напротив, сильную изменчивость Бразильского течения, сопровождающуюся формированием антициклонических вихрей. Фронт между этими контрастными по температуре потоками выражен четкой узкой полосой одного цвета, обрамляющей с запада и с юга участок, занятый водами Бразильского течения. Это видно на всех изображениях.

Наиболее контрастные воды Фолклендского и Бразильского течений встречаются, как правило, между 36 и 39° ю.ш. Южнее, между стрежнями этих течений, существует транзитная зона, являющаяся как бы восточным "шлейфом" Фолклендского течения, довольно широкой областью, находящейся большей частью под влиянием именно холодных вод. Поскольку Фолклендское течение четко следует материковому склону, то на западной его границе воздействие холодных вод на воды Патагонского шельфа относительно невелико.

Бразильское течение (или точнее, область, находящаяся под воздействием приносимых им вод) характеризуется сильной пространственно-временной изменчивостью своей структуры. Основным его элементом служит поток вод, направленный на юг, западная граница которого примыкает к 55° з.д. На ИК-изображениях он выделяется резким цветовым контрастом, поскольку температура в его стрежне возрастает по сравнению с окружающими водами сразу на 2-3 градуса, то есть на $4-6^{\circ}\text{C}$ (при принятом нами наиболее удобном при анализе шаге в 2°C). Южная граница языка этих теплых вод колеблется между $43^{\circ}00'$ и $45^{\circ}20'$ ю.ш. Область распространения вод Бразильского течения приобретает самые различные формы. Связано это с тем, что вся она состоит, по существу, из переходящих один в другой, взаимодействующих друг с другом мезомасштабных вихрей диаметром от 60 до 100 миль.

На трех изображениях (см. рис. 4, а, б, ж) массив теплых вод составлял единое целое, не был разорван внедрением холодных вод. В остальных случаях (все они относятся к периоду с 7 по 15 ноября 1988 г.) наблюдалось разделение его на два языка (см. рис. 4, в, г, д, е). Можно проследить эволюцию взаимодействующих теплых и холодных меандров за этот период. Язык теплых вод (основной поток Бразильского течения, обозначение А) смещается на юг, с 43° ю.ш. до

44°10' ю.ш. Смежное с ним (расположенное восточнее) холодное внедрение (обозначение В), напротив, углубляется дальше на север, в массив теплых вод (с 40°30' ю.ш. до 39°15' ю.ш.). Далее к востоку (обозначение С) вновь наблюдается антициклонический меандр южного направления (заполненный теплыми водами Бразильского течения), который смещается на юг с 41°30' до 42°30' ю.ш. Таким образом, налицо усиливающееся взаимопроникновение контрастных вод с явной тенденцией к отрыву теплого восточного вихря (обозначение С), что приведет в дальнейшем к ситуации, близкой к наблюдавшейся в иные сроки (см. рис. 4, а, б, ж) и характеризующейся наличием одного языка теплых вод, достигающего максимальных южных широт (до 45°20' ю.ш.).

Изоляцию холодного вихря можно наблюдать на рис. 4, в-е восточнее рассмотренной выше структуры. Там хорошо видно затягивание холодных вод в пределы теплого массива по восточной периферии антициклонического меандра с формированием циклонического вихря (см. рис. 4, в, обозначение D). В дальнейшем четко проявляются сужение перемычки, связывающей вихрь с источником холодных вод, и его изоляция (см. рис. 4, д, е).

Формирование антициклонических теплых вихрей, отделяющихся от южной оконечности данного языка на принятых нами изображениях не видно. Хотя, по-видимому, давно отделившиеся теплые вихри, по своей природе, несомненно, связанные с Бразильским течением, фиксировались нами, например, 3 декабря 1987 г. (см. рис. 4, б, обозначение E) на 44°30' ю.ш. - 55° з.д. и 10 ноября 1987 г. (на схему не попал) на 47°30' ю.ш. - 49° з.д. Это явление подробно описано в работе (Legeckis, Gordon, 1982), в которой авторы связывают именно с ним колебания южного предела распространения вод Бразильского течения. Не исключено, что зафиксированные на рис. 4, в, г, ж "кинжальные" внедрения холодных вод (обозначение F) являются началом процесса отделения теплого вихря.

Выводы

1. Использование ИК-изображений, полученных с помощью спутников, для исследования структуры океанических фронтов трудно переоценить и представляется исключительно перспективным в будущем.

2. Изучение структуры Южной Полярной фронтальной зоны сопряжено с некоторыми объективными трудностями. Главная из них заключается в сильном развитии здесь облачности. Кроме того, мы практически лишены возможности корректировки координат в силу отсутствия на изображениях островов. Несмотря на это, можно успешно следить за изменениями структуры ЮФЗ на отдельных ее участках, используя регулярно возникающие "облачные окна".

3. Более благоприятные условия (меньшее количество облаков) создаются над районом, примыкающим к Южной Америке, что позволяет более результативно следить за изменчивостью структуры Фолклендского и Бразильского течений.

4. Можно отметить относительную пространственную устойчивость Фолклендского течения и, напротив, сильную изменчивость в системе Бразильского течения.

Список использованной литературы

Виноградов В. В. Использование спутниковой радиационной информации для построения карт температуры поверхности океана // Океанология. - 1980. - Т. 20, вып. 2. - С. 335-344.

Изменчивость океанологических условий в районе ЮФЗ севернее острова Южная Георгия / С.А.Зозуля, А.Т.Мандыч, В.В.Масленников, В.Е.Полонский, А.В.Сулов // Биологические ресурсы: состояние, перспективы и проблемы их рационального использования. - Электрон Карлсберга в Южной Полярной фронтальной зоне. Т.1: Сборник научных трудов. - М.: ВНИРО, 1990. - С. 90 - 109.

Legocki R., Gordon A. L. Satellite observation of the Brasil and Falkland currents - 1975 to 1976 and 1978. Deep-Sea Research. - 1982. - Vol. 29, N 3A. - P. 375-401.

Г.А.Боклач, С.М.Гончаров, В.М.Дергачев,
И.Г.Мезенцев, А.Г.Побережный (ВНИРО)

ЭХОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮФЗ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ

В данной работе представлены обобщенные результаты эхометрических исследований, выполненных в экспедициях ВНИРО в I2-м, I4-м