

1989

Hydrological conditions in the region of Weddel-Scotia Confluence zone

Shapiro, Georgy

<http://hdl.handle.net/10026.1/9753>

All content in PEARL is protected by copyright law. Author manuscripts are made available in accordance with publisher policies. Please cite only the published version using the details provided on the item record or document. In the absence of an open licence (e.g. Creative Commons), permissions for further reuse of content should be sought from the publisher or author.

Г. Я. Батюгов, АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П. П. ШИРШОВА

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЛАГИАЛИ
ЮЖНОГО ОКЕАНА

Наиболее значительная черта движения вод южного океана — наличие южного антарктического циркуляционного течения (ЮАТ), которое простирается от берегов Антарктиды до берегов Южной Америки и Южной Африки. ЮАТ имеет сложную структуру, включающую в себя несколько подтечений, различающихся по скорости, глубине и температуре. В настоящее время ведутся активные исследования ЮАТ с целью выяснения его роли в глобальной циркуляции океана и климате Земли.

Полученные результаты позволяют выявить температурно-соляную структуру ЮАТ и выявить некоторые закономерности его формирования. В частности, установлено, что ЮАТ имеет сложную структуру, включающую в себя несколько подтечений, различающихся по скорости, глубине и температуре. В настоящее время ведутся активные исследования ЮАТ с целью выяснения его роли в глобальной циркуляции океана и климате Земли.

МОСКВА

1989

Исследователей с давних времен интересуют связи биологических характеристик океанских вод с фоновыми - гидрофизическими и гидрохимическими факторами. Изучение таких связей помогает понять законы функционирования экосистем, что необходимо для разумного практического использования биоресурсов океана. Еще в 30-х годах М.Уда показал, что температурные гидрологические фронты в океане часто являются зонами, богатыми рыбой /подробнее об этом см. в книге К.Н.Федорова /1983//.

В настоящей работе представлены результаты гидрофизических исследований, проведенных экспедицией 43-го рейса нис "Академик Курчатов" на мезомасштабном полигоне в районе о.Мордвинова /Южные Шетландские острова/ в декабре 1985 г. На полигоне размером 50x60 морских миль с центром в точке $60^{\circ}35'$ ю.ш., $54^{\circ}40'$ з.д. было выполнено 2 гидрологических съемки, всего 52 станции. Гидрофизические данные получены с помощью вертикальных зондирований STD-зондом - батометром и стандартных батометрических серий.

Крупномасштабные гидрофизические и гидробиологические исследования этого района Антарктики проводились в течение последних лет в связи с изучением условий формирования, состояния и динамики биологических сообществ /Rakusa-Suszczewski et al., 1985; Grelowski et al., 1985, Воронина, 1984; Богданов и др., 1980/. В литературе неоднократно высказывались предположения о закономерной связи пространственного распределения популяций с особенностями пространственного распределения гидрофизических полей и вихревым характером циркуляции вод /Брянцев и др., 1983; Макаров и др., 1980/. Целью настоящей работы было детальное изучение мезомасштабной структуры гидрофизических полей на относительно небольшой акватории, представляющей интерес для гидробиологических исследований.

Наиболее важная черта динамики вод исследуемого района - наличие интенсивного Антарктического циркумполярного течения /АЦТ/, которое проникает до больших глубин, не имеет противотечений и тесно связано с рельефом дна /Богданов и др., 1980/. Наличие вторичной фронтальной зоны /ВФЗ/, разделяющей воды южной ветви АЦТ и воды моря Уэдделла, дает возможность предположить, что в местах скопления кряля к северу от острова Мордвинова происходят активные гидрофизические процессы синоптического и субсиноптического масштабов, приводящие к соответствующей пространственной изменчивости гидрофизических полей. Оценки, основанные на теории синоптических вихрей /Каменкович и др., 1982/, предсказывают, что характерный горизонтальный масштаб возможных аномалий температуры и солености в районе составляет $15 \div 30$ км, в связи с этим расстояние между станциями было выбрано 10 миль, т.е. в 2-3 раза меньше, чем обычно.

Наблюдения на полигоне проводились в два этапа. На первом этапе с 1 по 6 декабря была выполнена комплексная квазисиноптическая съемка на 42 станциях с 10 мильным интервалом. На всех станциях определялась температура и соленость морской воды до глубин не более 2000 м /Emelianov, Shapiro, 1988/. Все вторичные гидрофизические величины рассчитывались по алгоритмам, рекомендованным ЮНЕСКО. Карты относительной динамической топографии рассчитывались как обычно /Масленников, 1980/ от горизонта 1000 дб. Данные зондирования на одной станции /4833/ были утрачены, пробелы восстановлены линейной интерполяцией. На втором этапе было выполнено 10 более детальных комплексных станций на акватории примерно 20×30 миль. В настоящей статье в основном используются данные 1-го этапа.

Полученные результаты позволили выявить трехмерную мезомасштабную структуру вод на полигоне и наметить некоторые взаимосвязи между различными физическими, химическими и биологическими характеристиками исследуемых вод.

В вертикальном распределении температуры наблюдалась, в основном, двуслойная структура вод, типичная для этого района /Саруханян и др., 1986; Emelianov, Shapiro, 1988/. Верхний слой толщиной 100-150 м занимали поверхностные антарктические воды. Горизонтальная изменчивость слабо выражена и имеет, в основном, неупорядоченный характер. На поверхности наибольший перепад температур всего 0.69°C от -0.21°C на юго-востоке до $+0.48^{\circ}\text{C}$ на северо-западе. Выделяется небольшое холодное пятно диаметром около 15 миль в слое 0-100 м с центром в районе ст.4846 в северо-восточном углу полигона, которое было на 0.5°C холоднее окружающих вод. Это пятно расположено непосредственно над гораздо более мощным теплым меандром вод южной периферии АЦТ, расположенным в слое 200-1000 м.

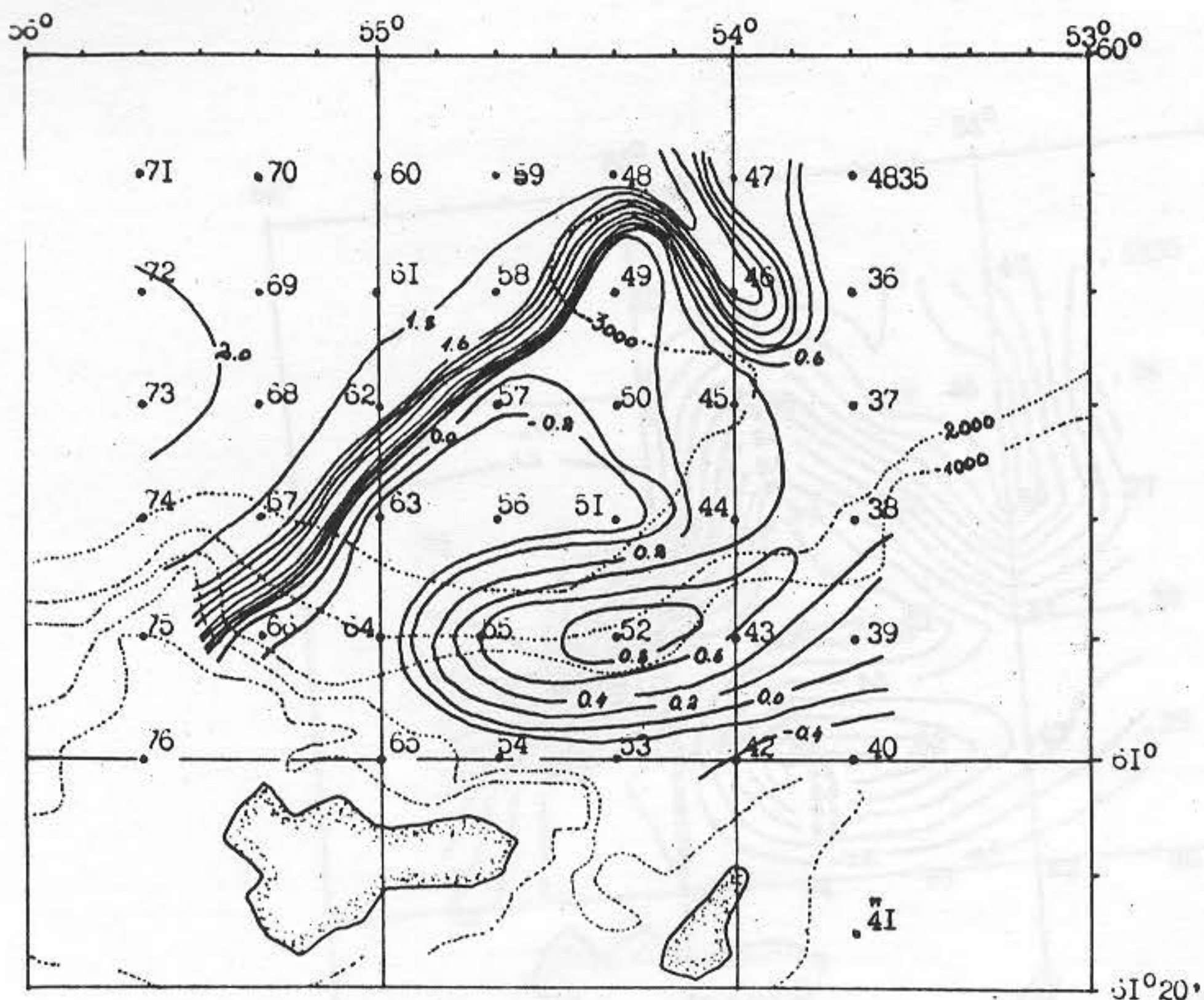


Рис.1. Распределение температуры на горизонте 300 м.

нижележащий слой 200-1000 м составляют в основном глубинные антарктические воды. Здесь аномалии температуры выражены гораздо более резко и имеют упорядоченный вид. На горизонте 300 м температура изменялась от -0.7° до $+2.0^{\circ}\text{C}$, а горизонтальные градиенты достигали $0.1^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Карты распределения температуры на горизонтах 200, 250, 300, 400 и 500 м оказались подобными. Наиболее представительным, на наш взгляд, является распределение температуры на горизонте 300 м, которое мы будем обозначать t_{300} . На этих картах можно выделить 4 отчетливых когерентных структуры. 1/ Всю акваторию полигона пересекает подповерхностная вторичная фронтальная зона /ВФЗ/, условно ограниченная изотермами 0.2° и 1.7°C . Заметим, что на поверхности ВФЗ почти не проявляется. 2/ в центре полигона расположено вытянутое пятно холодной воды размером около 30 км в поперечнике и ограниченное циклоническим меандром ВФЗ. Перепад температуры через ВФЗ в районе холодного пятна достигал 1.5°C . 3/ В северо-восточной части полигона виден глубокий антициклонический меандр ВФЗ, охватывающий пятно теплой воды с температурой в центре около 1.6°C . 4/ В южной части полигона имеется изолированная линза теплой воды с горизонтальным размером 350-400 м. Центр линзы находится на глубине 400 м, аномалии температуры в ее ядре достигают 1.8°C . Аналогичные линзы встречались ранее в Северном ледовитом, а также в Атлантическом и Тихом океанах /Белкин и др., 1986/.

Из сопоставления потенциальной плотности на станциях 4855 /в центре линзы/ и 4846 /в теплом меандре/, а также из анализа карт температуры /рис.1/, видно, что центр линзы заглубился более чем на 100 м и удалился от ядра меандра на 80-100 км /учитывая криволинейность траектории/. Полагая скорость отхода линзы от материнской водной массы сравнимой с типичной скоростью ведущего потока на глубине 300 м /около 10 см с^{-1} /, получаем, что возраст линзы составляет около 8-10 дней. Возраст обнаруженных до сих пор в Мировом океане мезомасштабных линз оценивается многими месяцами или даже годами /Leaman, Zantopp, 1982; McDowell, Rossby, 1978/. По-видимому, здесь, на полигоне, мы впервые видим "молодую", только что образовавшуюся линзу.

Поле солёности S менее выразительно. Изохалины вытянуты в верхнем 150-метровом слое в направлении ВФЗ. Хотя изменения солёности невелики - на поверхности от $33.97^{\circ}/\text{oo}$ до $34.56^{\circ}/\text{oo}$, в глубинных водах от $34.42^{\circ}/\text{oo}$ до $34.75^{\circ}/\text{oo}$, они вносят важный вклад в пространственную изменчивость плотности *in situ* и, следовательно, в скорость термохалинных течений.

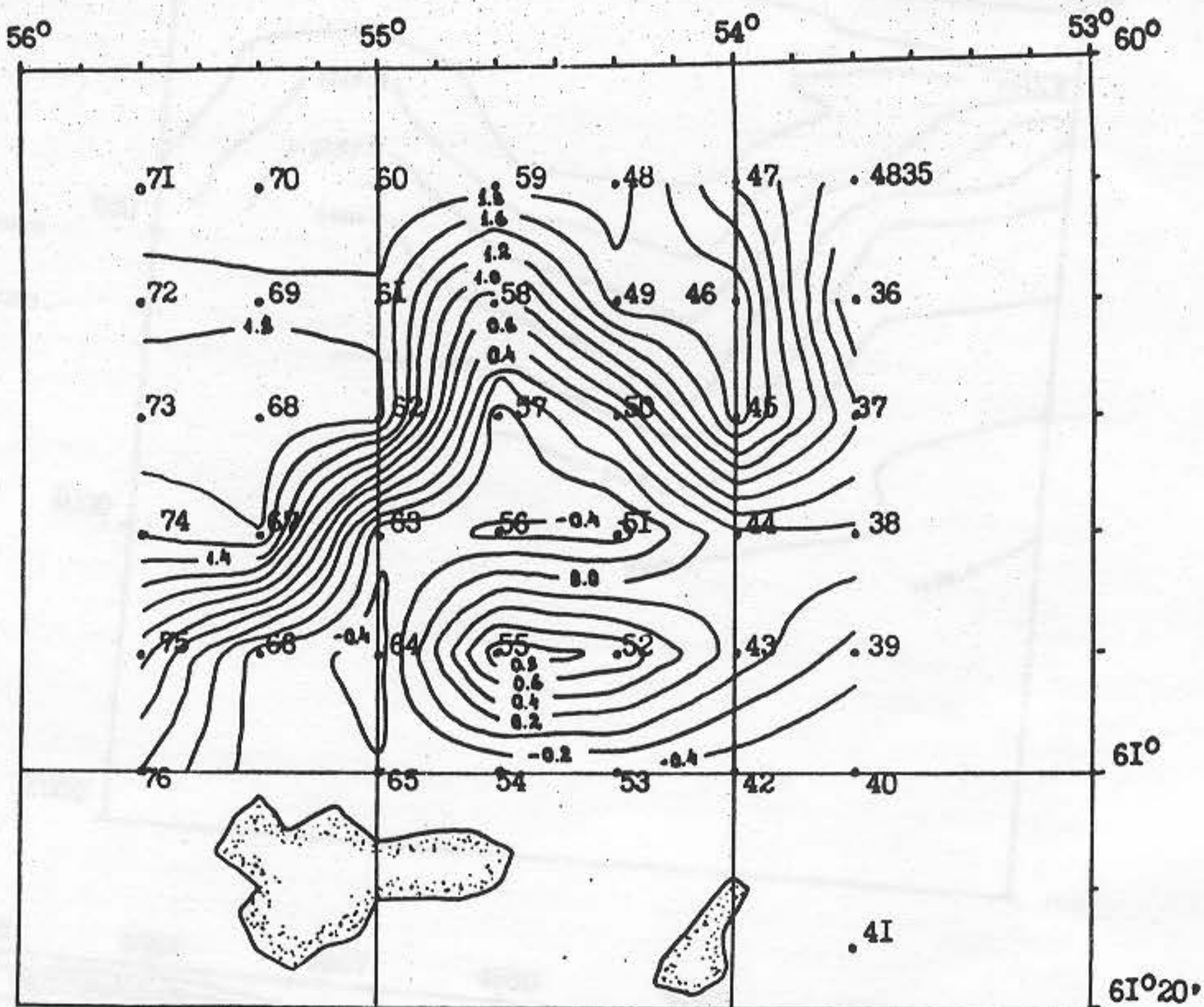


Рис.2. Распределение температуры на изопикнической поверхности $\sigma_t = 27.70$.

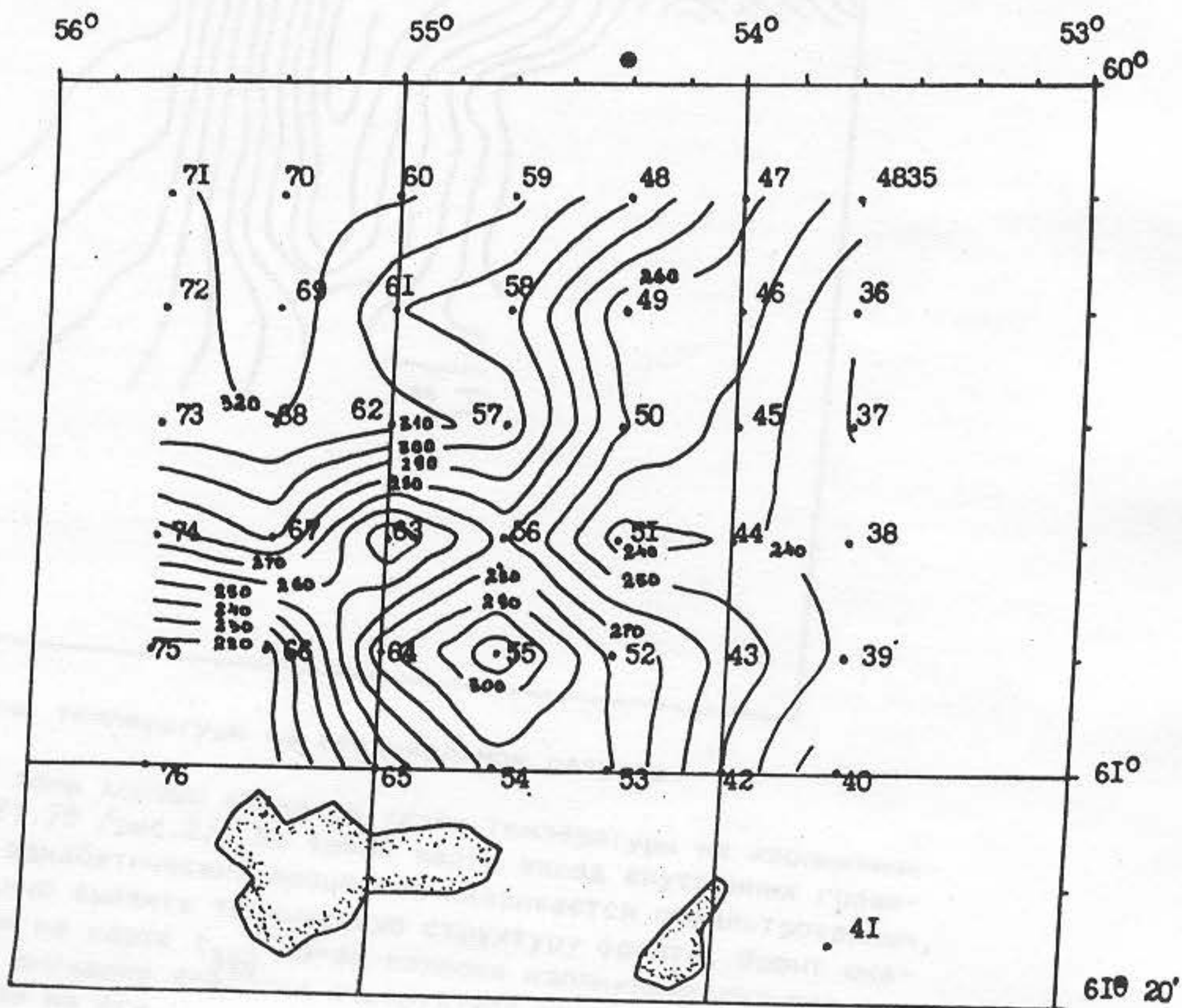


Рис.3. Поле динамических высот на поверхности 1000 м.

Рис. 4. Распределение скорости звука на вертикальном разрезе.

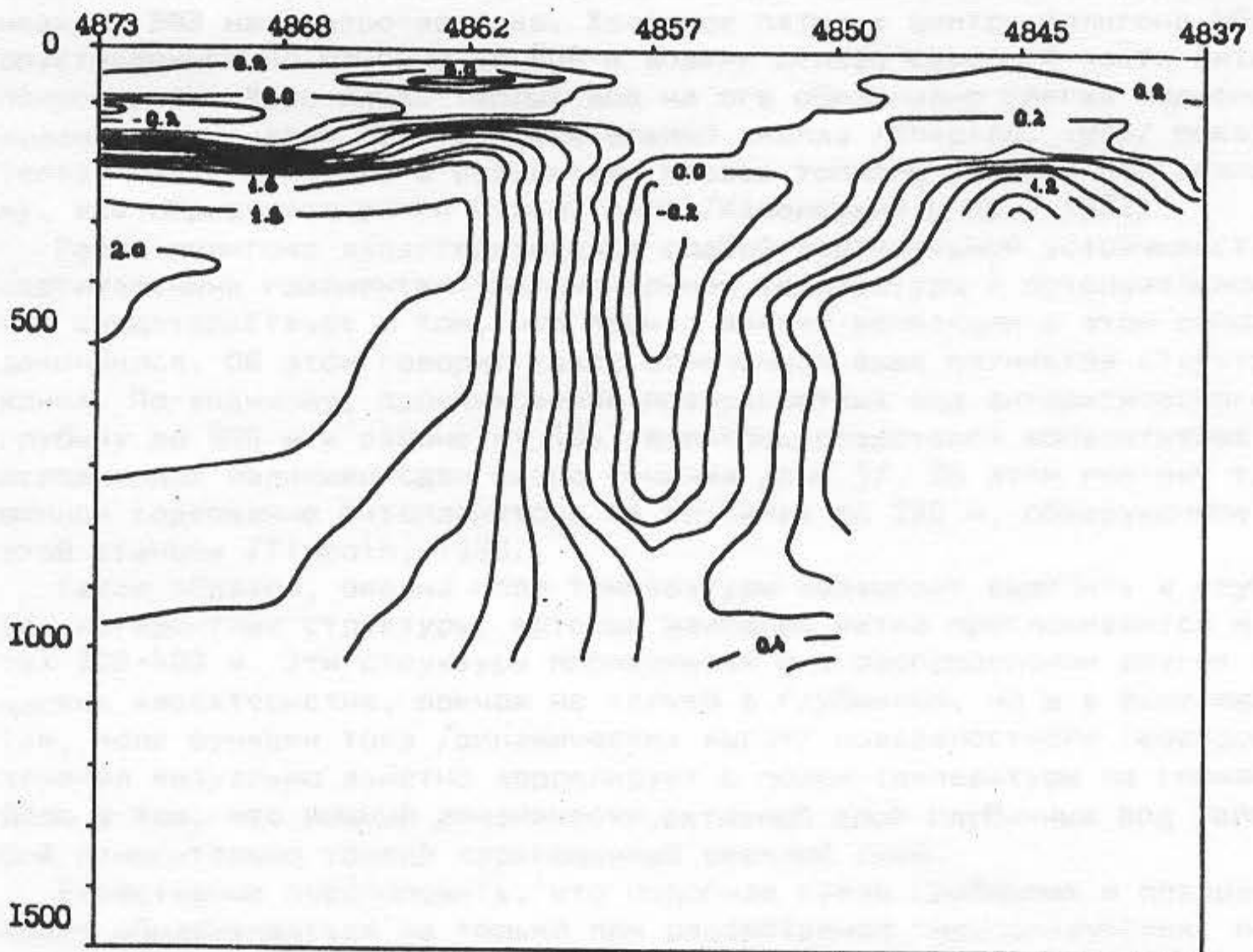
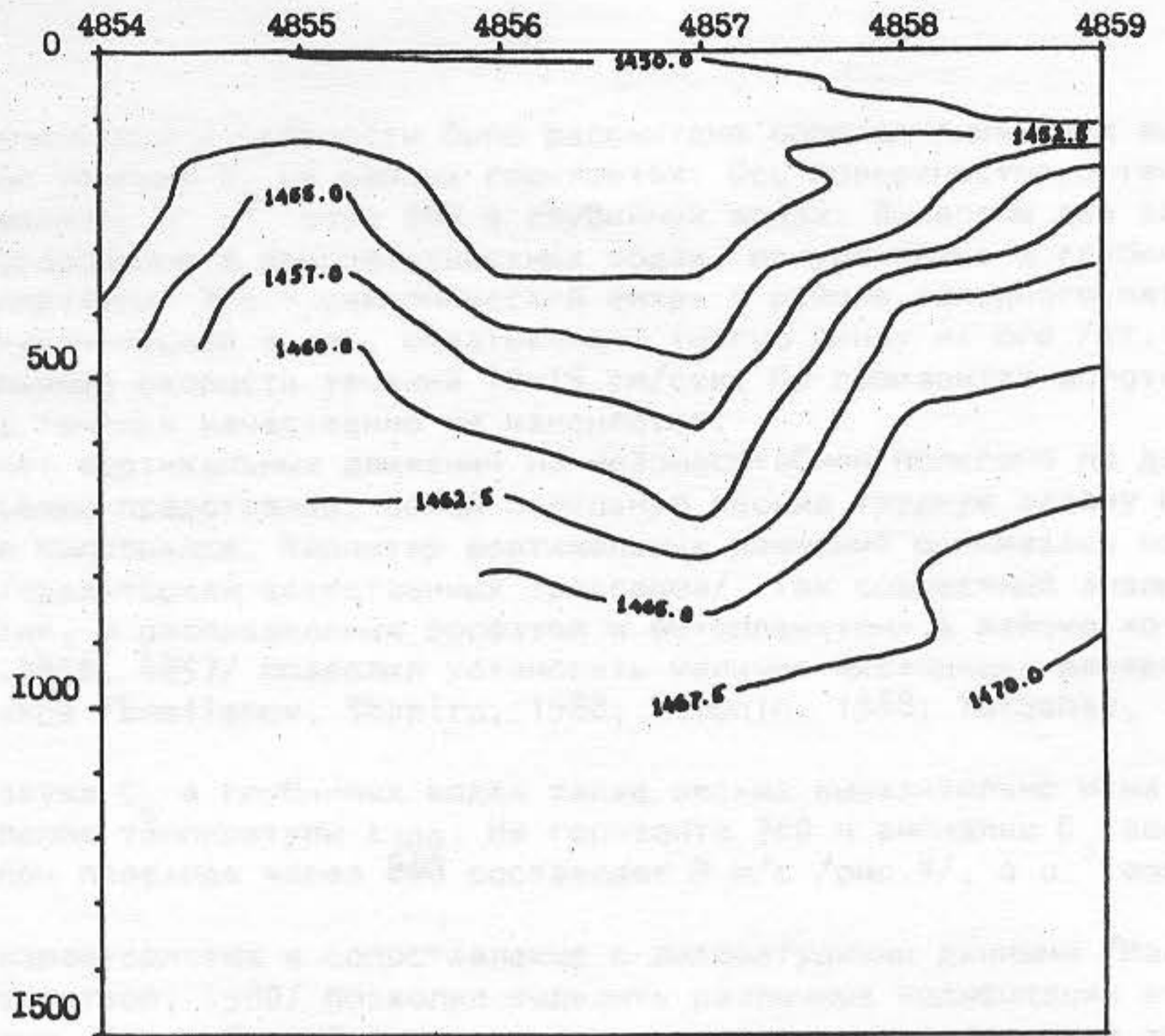


Рис. 5. Распределение температуры на вертикальном разрезе.

Основные структурные зоны хорошо видна на карте температуры на изопикнической поверхности $\sigma_t = 27.70$ /рис.2/. На такой карте вклад внутренних гравитационных волн и других адиабатических процессов оказывается отфильтрованным, что позволяет более надежно выявить термическую структуру фронта. Фронт оказывается более узким, чем на карте t_{300} из-за наклона изопикнических поверхностей. Обращает на себя внимание аналогия в структуре теплого меандра ВФЗ на юго-востоке и теплой линзы на юге.

По данным о температуре и солёности было рассчитано поле динамических высот H и геострофическое течение V_g на разных горизонтах. Ось поверхностного течения в основном совпадала с g осью ВФЗ в глубинных водах. Выявлены два заметных вихревых образования в приповерхностных водах, приуроченные к глубинным аномалиям температуры. Это - циклонический вихрь в районе холодного пятна /ст.4863/ и антициклонический вихрь, охватывающий теплую линзу на юге /ст.4855/ /рис.3/. Типичные скорости течений 10-15 см/сек. На горизонтах вплоть до 500 м структура течения качественно не изменяется.

Корректный расчет вертикальных движений на мезомасштабном полигоне по данным однократной съемки представляет собой весьма трудную задачу и в данной работе не выполнялся. Характер вертикальных движений оценивался по косвенным данным /траекториям естественных трассеров/. Так совместный анализ T, S - характеристик, и распределения фосфатов и фитопланктона в районе холодного пятна /ст.4856, 4857/ позволил установить наличие нисходящих движений в циклоническом вихре /Emelianov, Shapiro, 1988; Timonin, 1988; Yakushev, 1988/.

Поле скорости звука C_s в глубинных водах также весьма выразительно и напоминает распределение температуры t_{300} . На горизонте 300 м аномалии C_s весьма значительны и при переходе через ВФЗ составляют 9 м/с /рис.4/, а в теплой линзе 6 м/с.

Анализ T, S - характеристик и сопоставление с литературными данными /Масленников, 1980; Patterson, 1980/ позволил выделить различные модификации водных масс на полигоне. Верхний слой занимали поверхностные антарктические воды зимней модификации. Глубинные воды на северо-западе полигона характерны для южной ветви АЦТ, эти же воды образуют ядро теплого пятна в антициклоническом меандре ВФЗ на северо-востоке. Холодное пятно в центре полигона образовано опустившимися на глубину до 800 м водами шельфа северной части Антарктического полуострова. Ядро линзы теплых вод на юге образовано слегка модифицированными водами южной ветви АЦТ. Дополнительный анализ /Shapiro, 1986/ показывает, что теплая линза возникла в результате отрыва теплого меандра ВФЗ аналогично тому, как образуются ринги Гольфстрима /Каменкович и др., 1982/.

Район полигона характеризовался слабой вертикальной устойчивостью и малыми вертикальными градиентами потенциальной температуры и потенциальной плотности, что свидетельствует о том, что период зимней конвекции в этом районе еще не закончился. Об этом говорит также отмеченная выше пятнистая структура термоклина. По-видимому, проникновение поверхностных вод антарктического шельфа на глубину до 800 м в районе ст.4857 являлось следствием конвективных процессов, осложненных наличием сдвигового течения /рис.5/. Об этом говорит также повышенное содержание фитопланктона на глубинах до 700 м, обнаруженное в районе этой станции /Timonin, 1988/.

Таким образом, анализ поля температуры позволяет выделить в глубинных водах когерентные структуры, которые наиболее четко прослеживаются на горизонтах 200-400 м. Эти структуры проявляются и в распределении других гидрофизических характеристик, причем не только в глубинных, но и в вышележащих водах. Так, поле функции тока /динамических высот/ поверхностного геострофического течения визуально заметно коррелирует с полем температуры на горизонте 300 м. Дело в том, что мощный динамически активный слой глубинных вод увлекает за собой относительно тонкий перемешанный верхний слой.

Естественно предположить, что подобная связь глубинных и поверхностных вод может обнаруживаться не только при рассмотрении гидрофизических, но также и химических и биологических характеристик, см. /Шапиро, Емельянов, 1988/, а также статьи Е.В.Якушева и А.Г.Тимонина в настоящем сборнике. Такая связь может порождаться и вертикальными движениями, возникающими в зонах неоднородности течений в глубинных водах и проникающих в вышележащие слои вплоть до поверхности.

Л и т е р а т у р а

- Белкин И.М., Емельянов М.В., Костяной А.Г., Федоров К.Н. Термохалинная структура вод океана и внутритермоклинные вихри. - В сб.: Внутритермоклинные вихри в океане. М., ИОАН, 1986, с.8-34.
- Богданов М.А., Солянкин Е.В., Родионов С.Н. Распространение смешанных вод фронтальной зоны в море Скоттия и распределение скоплений криля. - В сб.: Биологические ресурсы Антарктического криля. М., Изд. ВНИРО, 1980, с.28-41.

- Брянцев В.А., Пелевин А.С., Пономарева Н.И. Образование скоплений Антарктического криля при различных формах циркуляции вод. - Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Сырьевые ресурсы Антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования". - Керчь, 1983, с.145-146.
- Воронина Н.М. Экосистемы пелагиали Южного океана. М., Наука, 1984, 207 с.
- Каменкович В.М., Кошляков М.Н., Монин А.С. Синоптические вихри в океане. Л., Гидрометеиздат, 1982, 264 с.
- Макаров Р.Р., Масленников В.В., Солянкин Е.В., Шевцов В.В. Особенности количественного распределения и условия образования скоплений *Euphausia superba* на примере некоторых районов атлантического и тихоокеанского секторов Южного океана. - В сб.: Биологические ресурсы Антарктического криля. М., Изд. ВНИРО, 1980, с.114-145.
- Масленников В.В. Современные представления о крупномасштабной циркуляции вод Антарктики и пути массового дрейфа криля. - В сб.: Биологические ресурсы Антарктического криля. М., Изд. ВНИРО, 1980, с.8-27.
- Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Водные массы и циркуляция Южного океана. Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.
- Шапиро Г.И., Емельянов М.В. Мезомасштабная структура гидрофизических полей в районе интенсивного промысла криля и ее связь с гидрохимическими и гидробиологическими характеристиками вод. - В сб.: Антарктика, 1988, вып.29.
- Федоров К.Н. Физическая природа и структура океанических фронтов. Л., Гидрометеиздат, 1983, с.297.
- Grelowski A., Tokarczyk R. Hydrological conditions in the region of Bransfield Strait and Southern part of Drake Passage in the period from December 10, 1983 and January 8, 1984 (BIOMASS-SIBEX). - Polish Polar Research, 1985, v.6, n.1-2, p.p.31-41.
- Emelianov M.V., Shapiro G.I. Mesoscale oceanographic structure of water masses in the region of South Shetland archipelago. - Polskie Archiwum Hydrobiologii. 1988, v.17, n.2.
- Leaman K., Zantopp R. Gulf of Cadiz Water Observed in a thermocline in the western North Atlantic. - J.Geophys.Res., 1982, v.87, n.C3, p.p. 1927-1934.
- McDowell S.E., Rossby H.T. Mediterranean Water: an intense mesoscale eddy off the Bahamas. - Science, 1978, n.202, p.p.1085-1087.
- Patterson S.L., Sievers H.A. The Weddell-Scotia confluence. - J.Physical oceanography, 1980, v.10, n.10, p.p. 1584-1610.
- Rakusa-Suszczewski, Lipski M. Report on the r/v "Professor Siedlecki" expedition to the Antarctic during the BIOMASS-SIBEX, in 1983/1984. - Polish Polar Research, 1985, v.6, n.1-2, p.p.7-19.
- Shapiro G.I. Mesoscale subsurface isolated eddy lens of warm water in Scotia sea. - 21-st European Marine Biology Symposium abstracts, Gdansk, 1986, p.164.
- Timonin A.G. Plankton distribution off the Elefant island in December 1985. - Polskie Archiwum Hydrobiologii, 1988, v.17, n.2.
- Yakushev E.V. Nutrients distribution in the region to the north from the Mordvinov (Elefant) island. - *ibid.*