

Министерство рыбного хозяйства СССР

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (АЗЧЕРНИРО)

Для служебного пользования  
экз. № 4

УДК 551.464.38.551.462.6(269)

№ гос. регистрации 8.0010733  
инвентарный номер



ДЛЯ  
НИРО  
Л. Спиридонов

1980 год

Промысловые ресурсы рыб в биологических и антарктических водах Индийского океана

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОГЕННО-ХИМИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНАХ БАНОК, ОКЕАНИЧЕСКИХ ХРЕБТОВ И ШЕЛЬФА АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

( заключительный этап )

Шифр темы 7(7) 0.74.01.06.05

Зам. директора института  
по научной работе, к.б.н.

Е.П. ГУБАНОВ

Зав. лабораторией промышленной  
океанографии, к.г.н.

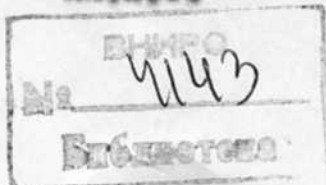
В.А. БРЯНЦЕВ

Руководитель раздела II темы 7,  
зав. сектором гидрохимии, к.г.н.

В.А. ХИМИЦА

Ответственный исполнитель,  
мл.н.с.

Н.В. ЧЕРКАШЕНКО



Керчь - 1980

Ключевые слова: изменчивость, биогенные элементы, распределение, острова Кергелен, банни Обь и Лена, аномалии растворенного кислорода, скопление рыб, гидрохимические условия.

Выявлены некоторые особенности сезонной изменчивости поля гидрохимических элементов в районе островов Кергелен банни Обь и Лена.

Сопоставлено распределение аномалий кислорода у дна в районе Кергеленского шельфа с локализациями скоплений донных рыб. Выявлено, что между температурой и кислородом в летний и осенний периоды в районе островов Кергелен наблюдается тесная и устойчивая связь за исключением тонкого поверхностного слоя. Положение областей отрицательных аномалий кислорода хорошо согласуется с распределением скоплений рыб на шельфе.

Приведено краткое описание гидрохимических условий в южной части хребта Кергелен и для районов промысловых скоплений антарктической серебрянки в море Содружества и на шельфе земли Эндерби.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Введение	3
2. Трехмерное распределение основных гидрохимических характеристик в районе островов Кергелен	
2.1. Растворенный кислород	4
2.1.1. К вопросу о практическом использовании данных о распределении кислорода для выделения продуктивных участков	5
2.2. Биогенные вещества	13
2.3. Сезонная изменчивость гидрохимических элементов	15
2.4. Гидрохимические предпосылки формирования высокой первичной продуктивности в основных промысловых районах Кергеленского шельфа	15
3. Трехмерное распределение основных гидрохимических характеристик в районе банок Обь и Лена	
3.1. Распределение растворенного кислорода в районе банки Обь	16
3.2. Распределение биогенных элементов в районе банки Обь	17
3.3. Распределение кислорода в районе банки Лена	19
3.4. Распределение биогенных элементов в районе банки Лена	20
3.5. Сезонная изменчивость гидрохимических параметров в районе банок Обь и Лена	21
4. Гидрохимические условия обитания объектов промысла в южной части хребта Кергелен и отдельных районах шельфа Антарктиды	22
5. Заключение	24
Литература	25

## I. ВВЕДЕНИЕ

Данный отчет является обобщением результатов гидрохимических исследований по второму разделу темы 7 за 1976-1980 гг.

В отчете отражены данные о пространственно-временной изменчивости гидрохимических условий, происходящей под влиянием химических и биохимических процессов, а также трехмерной циркуляции вод в районе шельфа островов Кергелен, банок Обь и Лена, исследованы особенности трехмерного распределения гидрохимических элементов в южной части хребта Кергелен и в районах промысловых скоплений антарктической серебрянки.

В районе шельфа островов Кергелен характеристика гидрохимического режима осуществлена на основе осредненных гидрохимических данных за 1970-1975 гг., приведенных в годовом отчете за 1976г/1/, и данных, полученных в 6 экспедициях АЗЧерНИРО и ЮРПР за период 1976-80 гг. По материалам 2 океанографических съемок, выполненных во время первого (декабрь 1971-январь 1972) и девятого (март-апрель 1977) рейсов РТМ-А "Кара-Даг", рассчитаны аномалии кислорода в придонном слое и на разрезах, проходящих через места скопления донных рыб. Целью данного расчета было выяснение возможности практического использования данных о распределении кислорода для суждения о местоположении продуктивных районов (на примере района шельфа островов Кергелен).

При анализе гидрохимического режима банок Обь и Лена использовались результаты, приведенные в годовых отчетах за 1978 и 1979 годы /2, 3/ и данные, полученные в XI рейсе РТМ-А "Кара-Даг" (март-июнь 1978 г.).

Характеристика гидрохимических условий в районе южной части хребта Кергелен и в районе скопления серебрянки (море Содружества) дана по результатам 8(10) рейса НПС "Фиолент".

Результаты, полученные в XII рейсе РГМ-А "Кара-Даг" (ноябрь 1979 - апрель 1980г), позволили дать краткое описание гидрохимических условий вод шельфа земли Эндерби, где также отмечались промышленные скопления серебрянки.

2. Трехмерное распределение основных гидрохимических характеристики в районе островов Кергелен

### 2.1. Растворенный кислород

Зимой в поверхностном слое воды отмечается зональное распределение концентраций кислорода. В общем, его содержание изменяется от 7,10 мл/л на севере района до 7,50 мл/л - на юге. Поверхностный слой воды несколько недо насыщен кислородом /I/.

По мере увеличения глубин распределение концентраций кислорода в слое продуктивного фотосинтеза изменяется незначительно. На глубине 100м севернее островов Кергелен существует область пониженной концентрации кислорода, образование которой, вероятно, связано с подъемом вод из слоя кислородного минимума.

Весной, в связи с интенсивной вегетацией фитопланктона, концентрация кислорода в общем возрастает. Содержание кислорода в поверхностном слое изменяется в интервале 7,50-8,30 мл/л, наибольшие его значения зафиксированы в восточной части района, где интенсивно протекал процесс фотосинтеза, о чем свидетельствуют высокие величины (108-111%) степени насыщения воды этим газом. Другой очаг с интенсивным продуцированием первичного органического вещества располагается севернее островов Кергелен, в котором поверхностный слой воды был перенасыщен кислородом на 3-7%.

У нижней границы слоя продуктивного фотосинтеза содержание кислорода изменяется в пределах 7,40-7,80 мл/л, причем повышение концентрации этого газа происходит в направлении с северо-запада на юго-восток /I/.

В летний период абсолютное содержание кислорода колеблется в пределах 7,20-8,00 мл/л. Наиболее высокие концентрации кислорода (7,80-8,00 мл/л) зафиксированы в северо-восточной и юго-западной частях района, где воды перенасыщены кислородом на 8-10%. Здесь продукционные процессы распространяются на значительную глубину, и даже на горизонте 100м воды отличаются высокой концентрацией кислоро-

да (7,60-7,80 мл/л, 102%). На глубине 100м концентрация кислорода в общем уменьшается незначительно (по сравнению с поверхностным слоем) и только севернее островов Кергелен ее значения понижаются до 6,80 мл/л, что обусловлено подъемом вод из слоя кислородного минимума /1/.

Осенью ослабевают продуциционные процессы, уменьшается скорость минерализации органического вещества и возрастает интенсивность вертикального обмена вод. Действие этих процессов в совокупности в основном определяет трехмерное распределение концентраций кислорода.

В поверхностном слое концентрация кислорода составляет 7,10-7,60 мл/л, т.е. достигает зимнего уровня. Более интенсивно продуцирование кислорода протекает в северо-восточной, юго-восточной частях района, где воды пересыщены этим газом на 2-6 % /Рис.2.1.1/. По мере увеличения глубины концентрация кислорода понижается незначительно.

2.1.1. К вопросу о практическом использовании данных о распределении кислорода для выделения продуктивных участков.

В работе применен метод Адрова, использующий учет распределения аномалий кислорода, возникающих в море под влиянием скопления рыбных объектов и от других причин /5; 6/. Кратко об этом методе. Температура, соленость и кислород варьируют согласованно и в зависимости от процессов смешения водных масс различного происхождения. Температуру или соленость можно рассматривать как независимые переменные поскольку на них скопления животных не оказывают заметного влияния, а кислород — как функцию этих переменных. Такую функцию легко выразить простым корреляционным уравнением вида  $O_2 = v_1 T^0 + C$

Рассмотрим кислород как функцию от температуры. Для расчетов использованы материалы океанографических съемок, выполненных во время первого (декабрь 1971- Январь 1972) и девятого (март-апрель 1977г) рейсов РГМ-А "Кара-Даг".

В поверхностном слое связь между температурой и кислородом отсутствует (коэффициент корреляции - 0,34+ - 0,35). Ниже поверхностного слоя, на промежуточных глубинах, в связи с затуханием фотосинтеза и еще не развитым процессом распада органических остатков, формирование поля кислорода в основном определяется термическими

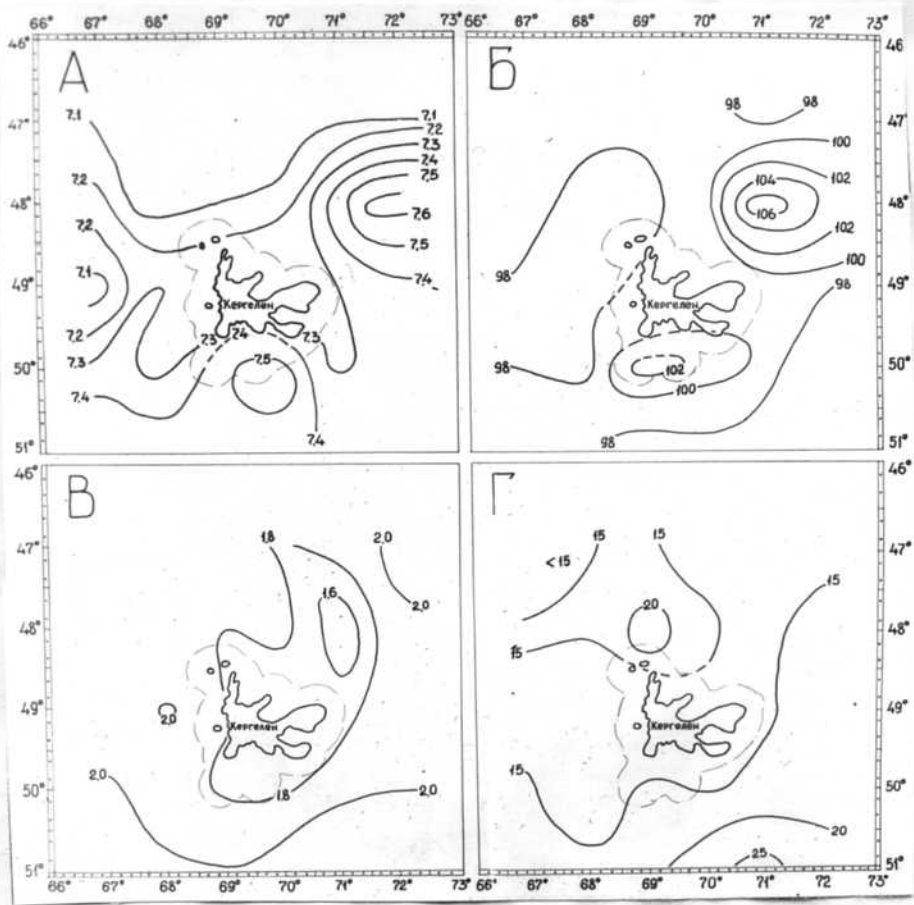


Рис. 2.1.1. Распределение в поверхностном слое концентраций гидрохимических элементов осенью в районе островов Кергелен.  
А - кислород в мг/л; Б - кислород в % насыщения; В - фосфаты в мг-ат/л; Г - кремниевая кислота в мг-ат/л.

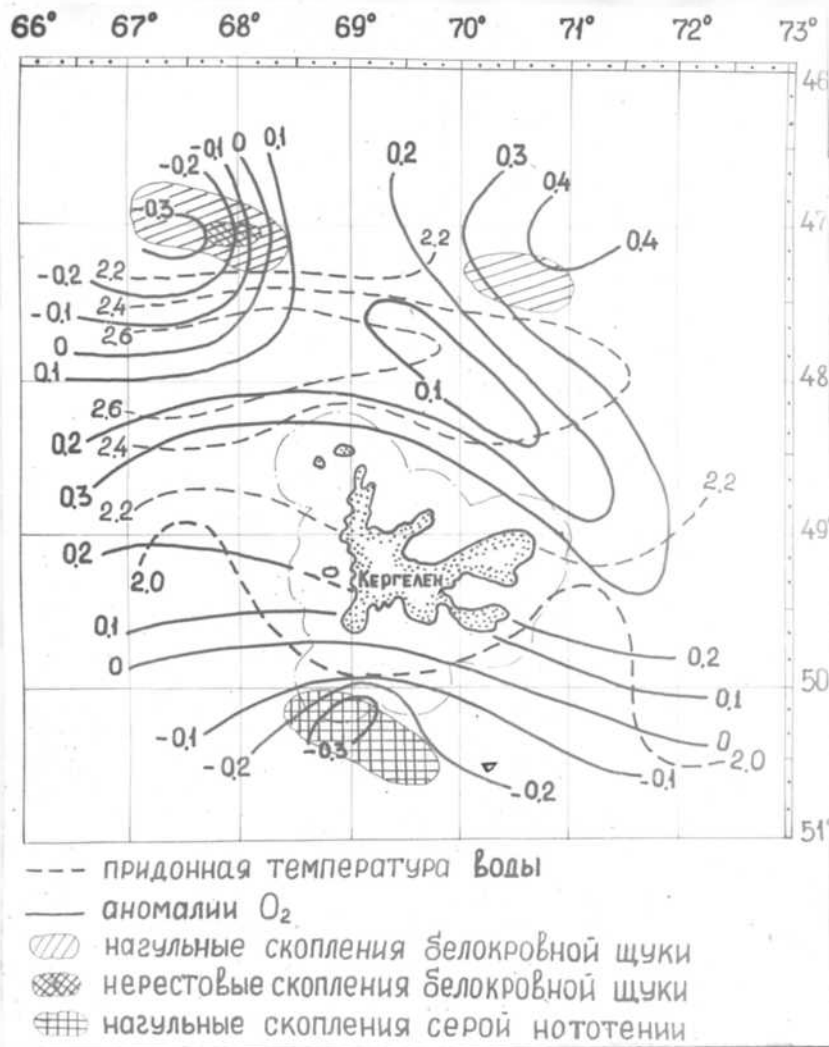


Рис. 2.1.1.1. Придонные изаномалы (мл/л), температура воды и области скопления рыб в районе островов Кергелен в декабре 1971 - январе 1972 г.



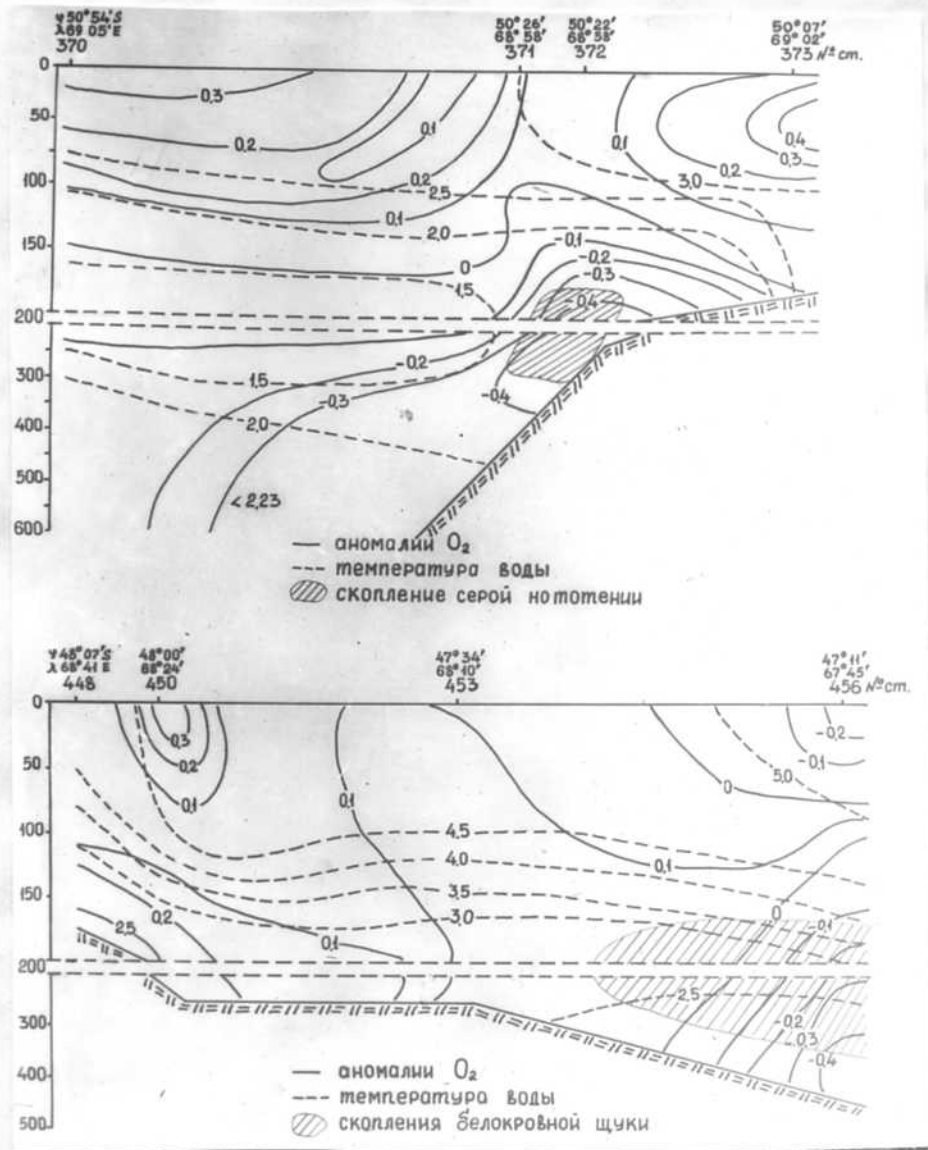


Рис. 2.1.1.2. Изотермы и изаномалы кислорода в мл/л на разрезах, проходящих через места скопления рыб в районе островов Кергелен в декабре 1971- январе 1972г.

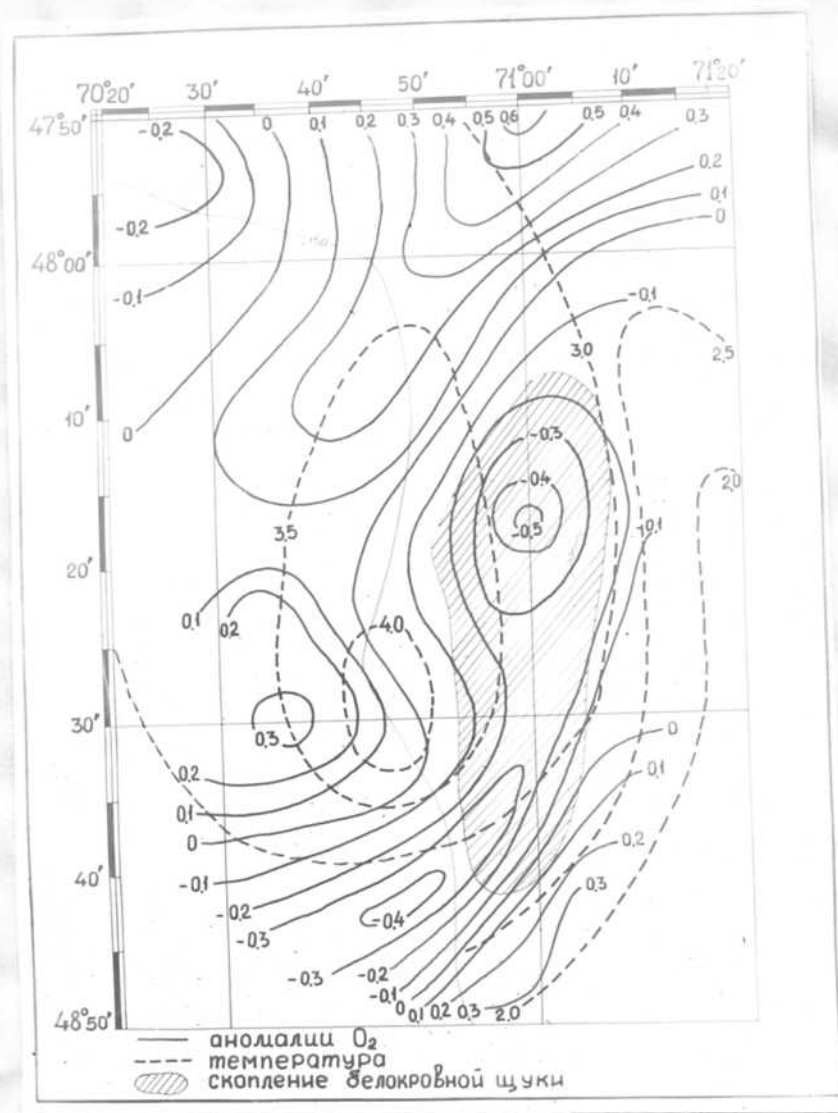


Рис. 2.1.1.3. Придонные изомалины ( $ml/l$ ), температура воды и область скопления белокровной щуки в районе островов Кергелен в марте-апреле 1977 г.

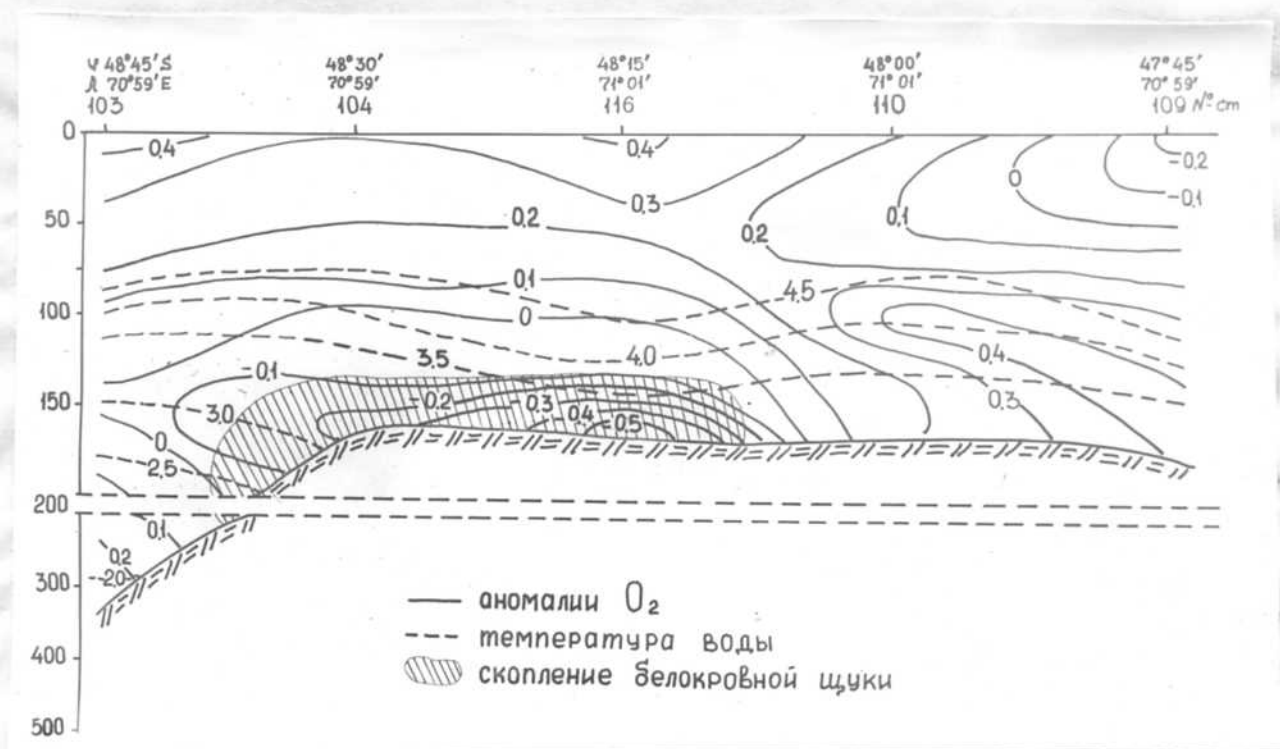


Рис. 2.1.1.4. Изотермы и аномалии кислорода в мл/л на разрезе, проходящем через скопление белокровной щуки в районе островов Кергелен в марте-апреле 1977 г.

Таблица I  
 Коэффициенты T-O<sub>2</sub> корреляции и корреляционные уравнения в районе шельфа О. Кергелен

Глубины	Лето 1971-72 гг		Осень 1977 г	
	r	Уравнения	r	Уравнения
0	-0,34	$\sigma_2 = 0,12T + 7,5$	-0,35	$\sigma_2 = -0,11T + 6,6$
50	-0,62	$\sigma_2 = -0,10T + 7,3$	-0,72	$\sigma_2 = -0,25 + 8,3$
75	-0,78	$\sigma_2 = -0,12T + 6,8$	-0,79	$\sigma_2 = -0,29T + 8,9$
100	-0,81	$\sigma_2 = -0,18T + 6,6$	-0,81	$\sigma_2 = -0,26T + 8,5$
150	-0,86	$\sigma_2 = -0,30T + 7,5$	-0,92	$\sigma_2 = -0,24T + 8,0$
200	-0,89	$\sigma_2 = -0,25T + 7,7$	-0,88	$\sigma_2 = -0,23T + 9,2$
250	-0,91	$\sigma_2 = -0,28T + 6,8$	-0,89	$\sigma_2 = -0,24T + 8,9$
300	-0,90	$\sigma_2 = -0,27T + 6,6$		
Придонный слой	-0,88	$\sigma_2 = -0,15T + 7,9$	-0,89	$\sigma_2 = -0,28 + 7,8$

условиями /7/, что и выражается в высоких значениях коэффициентов корреляции (0,81-0,90).

По соответствующим корреляционным уравнениям (табл. 1) для каждой станции вычислено, какое количество кислорода должно быть при данной температуре воды и при условии, что никакие другие процессы, кроме процессов перемешивания вод с разной температурой и разным содержанием растворенного кислорода здесь не происходят. Вычтя полученное "нормальное" содержание кислорода из наблюдавшегося в действительности получаем аномалии кислорода.

Аномалии кислорода были рассчитаны по результатам двух рейсов приведенных выше, на придонных горизонтах и на разрезах, пересекающих скопления донных рыб, облавливающихся в этих рейсах.

На ряде примеров для Северной Атлантики и Баренцева моря Адков показал, что положение больших отрицательных аномалий кислорода как функции от температуры более всего согласуется с распределением плотных скоплений рыбы. Метод аномалий был использован при выявлении скоплений сельди у Западного побережья Гренландии /4;5/.

Продолжая эти исследования было сопоставлено распределение аномалий кислорода у дна в районе Кергеленского шельфа с локализациями скоплений донных рыб.

На рис. 2.2.1.1.; 2.1.1.2 видно, что антарктическим летом 1971-1972 гг на шельфе о. Кергелен очаги отрицательных аномалий кислорода отмечаются в районах промысла. На южном участке шельфа в этот период отмечались плотные устойчивые скопления серой натоции, а на севере ( в районе 68° в.д.) - плотные нерестовые скопления белокровной щуки. Вблизи пересечения меридиана 72° в.д. и параллелей 47-48° ю.ш. отмечается область высокой положительной аномалии кислорода, причиной образования которой являются интенсивные нисходящие движения в зоне антарктической конвергенции, расположенной как раз в этом районе /8/. Кратковременные образования небольшого по плотности скопления серой натоции, наблюдавшиеся в этом районе, не могли создать заметного недостатка растворенного кислорода. Осенью же 1977 года в данном районе отмечались стабильные большой плотности промысловые скопления белокровной щуки.

В этом районе наблюдаются значительные отрицательные аномалии кислорода, не смотря на интенсивное опускание вод в этом районе, а следовательно хорошую аэрацию вод (рис. 2.1.1.3-2.1.1.4).

Причиной образования данной области отрицательных аномалий, по-видимому, является потребление кислорода на дыхание рыб и расход кислорода при окислении органики (отходы, сбрасываемые после обработки рыбы в период промысла).

Итак, между температурой и кислородом в летний и осенний периоды в районе шельфа о. Кергелен наблюдается тесная и устойчивая связь, за исключением тонкого поверхностного слоя.

Положение областей отрицательных аномалий кислорода хорошо согласуется с распределением скоплений рыб на шельфе. Плотные устойчивые скопления рыб могут вызвать заметный недостаток кислорода даже в местах с интенсивной вентиляцией вод.

## 2.2. Биогенные вещества

Распределение концентраций фосфатов и кремниевой кислоты в зимний период характеризуется значительной пространственной неоднородностью. В поверхностном слое отмечается существование областей повышенной и пониженной концентрации биогенных элементов, на образование которых существенное влияние оказывает горизонтальная и вертикальная циркуляция вод. Концентрация фосфатов колеблется здесь в пределах 1,40-2,20 мкг-ат/л, кремниевой кислоты - 6,5-24,0 мкг-ат/л /1/. На глубине 100 м амплитуда пространственных изменений концентраций питательных солей имеет тот же порядок, что и в поверхностном слое, причем местоположение областей повышенных и пониженных концентраций биогенных веществ сохраняется прежним.

Весной, в связи с интенсивной вегетацией фитопланктона, содержание питательных солей уменьшается. Распределение содержания фосфатов в поверхностном слое сравнительно однородно (около 0,90 мкг-ат/л) за исключением частей района с интенсивным продуцированием органики, в которых их концентрация понижается до 0,30-0,60 мкг-ат/л. На глубине 100 м в восточной части района выделяется область высоких концентраций фосфатов (более 150 мкг-ат/л), и местоположение этой области полностью совпадает с очагом интенсивного продуцирования первичного органического вещества /1/. Это свидетельствует в пользу того, что наилучшие гидрохимические условия для развития фитопланктона в субантарктической зоне океана наблюдаются в тех районах, где создаются оптимальные условия для снабжения слоя продуктивного фотосинтеза лимитирующими биогенными веществами.

Более сложная картина отмечается в распределении кремниевой кислоты. Поверхностные воды шельфа островов Кергелен в общем характеризуются пониженными величинами кремниевой кислоты (8,0-10,0 мкг-ат/л). В северной и южной частях исследуемого района концентрация кремниевой кислоты в поверхностном слое повышается до 22,0-34,0 мкг-ат/л.

На глубине 100 м распределение кремниевой кислоты имеет те же черты, что и в поверхностном слое, но при этом несколько возрастает их концентрация /1/.

Судя по изменениям концентраций биогенных элементов, летом более интенсивно потребляется кремниевая кислота, а концентрация фосфатов даже возрастает, вероятно, за счет минерализации органического вещества, интенсивное продуцирование которого осуществлялось весной.

В поверхностном слое концентрация фосфатного фосфора колеблется в интервале 0,90-2,20 мкг-ат/л, что примерно в 1,5 раза выше, чем весной. Максимальные величины фосфатов (1,70-2,20 мкг-ат/л) зафиксированы в юго-западной, юго-восточной и северо-восточной частях района, где отмечалась повышенная скорость продуцирования первичного органического вещества. Эти части района выделяются высокой концентрацией фосфатов в более глубоких слоях воды. Несмотря на потребление, высокий уровень концентрации фосфатов сохраняется за счет быстрой их оборачиваемости в слое продуктивного фотосинтеза и, вероятно, зависит от видового состава фитопланктона /1/.

Летом концентрация силикатов в поверхностном слое уменьшается до 3,0-10,0 мкг-ат/л. В общем, воды северной части района имеют концентрацию кремниевой кислоты порядка 3,0-5,0, а южной - 7,0-10,0 мкг-ат/л. На глубине 100 м в очаге подъема глубинных вод (севернее островов Кергелен) концентрация кремниевой кислоты достигает 30,0-35,0 мкг-ат/л, в то время как на остальной акватории района она характеризуется более низкими величинами /1/.

Распределение биогенных элементов осенью отличается пространственной однородностью. В поверхностном слое наиболее низкие концентрации фосфатов (1,40-1,60 мкг-ат/л) зафиксированы в северо-восточной части района. На остальной акватории концентрация фосфатов повышается до 1,80-2,00 мкг-ат/л (рис. 2.1.1.). Изменения концентрации фосфатов по вертикали в верхнем 100-метровом слое воды незначительны.

Концентрация кремниевой кислоты в поверхностном слое изменяется в пределах 11,0-15,0 мкг-ат/л. Максимальные величины, порядка 27,0-20,0 мкг-ат/л наблюдаются в юго-восточной части района (рис.

2.1.1). Характер пространственного распределения кремниевой кислоты на глубине 100 м сохраняется, но при этом несколько возрастает их концентрация.

### 2.3. Сезонная изменчивость гидрохимических элементов

Сезонные изменения гидрохимических характеристик в основном определяются процессами потребления, минерализации органического вещества, горизонтальной адвекции и интенсивности вертикального перемешивания вод.

В поверхностном слое максимум абсолютного содержания кислорода наблюдается весной, минимум — в осенне-зимний период. Наибольшая величина насыщения воды кислородом отмечается летом, а минимум — зимой, ее годовая амплитуда не превышает 10-12%.

Весной повышение интенсивности продуцирования кислорода связано с весенней вегетацией фитопланктона. В это время концентрация фосфатов в поверхностном слое достигает минимума. Максимальная величина относительного содержания кислорода, наблюдающаяся летом, соответствует минимальной концентрации кремниевой кислоты и это резкое понижение содержания, вероятно, связано с изменением видового состава фитопланктона, в котором начинают преобладать диатомеи. Максимум концентраций фосфатов и кремниевой кислоты зафиксирован в осенне-зимний период, когда возрастает скорость вертикального перемешивания вод и как следствие этого вынос биогенных элементов из аккумулятивного слоя в слой продуктивного фотосинтеза, и почти полностью сокращается потребление питательных солей. В поверхностном слое годовая амплитуда величин концентрации фосфатов составляет 0,8 - 1,4 мкг-ат/л и кремниевой кислоты — 10-13 мкг-ат/л. Годовой ход гидрохимических элементов прослеживается и на глубине 100 м, годовая амплитуда на этом горизонте почти не отличается от пределов сезонных изменений в поверхностном слое воды.

### 2.4. Гидрохимические предпосылки формирования высокой первичной продуктивности в основных промышленных районах Кергеленского шельфа.

В районе островов Кергелен выделяются четыре основных промышленных района: северный, северо-восточный, восточный и юго-западный участки шельфа.



На основании косвенных данных (пересыщение воды кислородом на 4-10%), весной наиболее интенсивно процессы фотосинтеза протекают в северной, северо-восточной и восточной частях района. В этих частях накопление запасов питательных солей в фотическом слое осуществляется за счет различных процессов во все времена года, но преимущественно зимой.

В северо-восточной части района создаются благоприятные условия для развития процесса фотосинтеза в результате адвективного переноса питательных солей из других частей района (преимущественно с юга и севера). Однако, зимой здесь преобладают нисходящие движения вод и вынос биогенных элементов из фотической зоны в аккумулятивную /1/.

В восточной части района зимой, наоборот, отмечается подъем вод и перенос биогенных веществ из аккумулятивной зоны в слой продуктивного фотосинтеза. И кроме того сохраняются условия пополнения запасов питательных солей за счет горизонтальной адвекции.

Летом продукционные процессы интенсивно протекают на всей акватории исследуемого района (судя по пересыщению воды кислородом). В это время по-прежнему выделяется продуктивная зона в северо-восточной части района, и кроме того отличается повышенное продуцирование первичного органического вещества на юго-западе /1/.

Следовательно, в северной, северо-восточном районах шельфа оптимальные условия для снабжения фотической зоны питательными солями создаются в результате действия комплекса факторов (минерализация органики летом, горизонтальной адвекции и т.д.), а в юго-западной части района продукционные процессы в основном протекают на базе запасов питательных солей, образовавшихся здесь зимой в очаге и мощного "накопления" за счет горизонтальной адвекции и подъема вод.

### 3. Трехмерное распределение основных гидрохимических характеристики в районе банок Обь и Лена

#### 3.1. Распределение растворенного кислорода в районе банки Обь

В зимний период в распределении абсолютного содержания кислорода на поверхности отмечалась тенденция к увеличению его концентраций с востока (7,38 мг/л) на запад (7,90 мг/л). Относительное содержание кислорода в поверхностных и подповерхностных слоях было ниже равновесного и изменялось в пределах 96-98%. Исключение соста

вил район юго-западного склона банки, где в 20-метровом поверхностном слое наблюдалось пересыщение воды кислородом на 2-3%.

По вертикальному распределению воды в районе банки Обь можно разделить на верхний однородный слой с высокой концентрацией кислорода (8,20-7,00 мл/л; 98-90%), распространявшийся до глубин 140-160 м и слой кислородного минимума (3,90-4,30 мл/л; 50-55%), расположенный на глубинах 400-800 м. Глубже содержание растворенного кислорода незначительно увеличивается /3/.

Весной содержание растворенного кислорода в поверхностном слое банки Обь изменяется в пределах 7,10-8,10 мл/л. Минимальные величины отмечаются в центральной части банки, равномерно увеличиваясь к периферии, где наиболее интенсивно протекает процесс фотосинтеза, о чем свидетельствует пересыщение воды кислородом на 1-3%. Слой кислородного минимума прослеживается на глубинах 500-700 м, содержание кислорода в нем составляет 4,00-4,20 мл/л или 55-62% насыщения /2/.

В летний период содержание кислорода в поверхностном слое уменьшается от 8,10 мл/л в районе восточного склона банки до 7,61 мл/л в районе ее западного склона. В придонном слое содержание растворенного кислорода изменяется в пределах 3,90-4,52 мл/л /2/. Осенью скорость продуцирования кислорода при фотосинтезе сохраняется прежней, повышается интенсивность вертикального обмена вод. Совокупное действие этих процессов в основном определяет трехмерное распределение гидрохимических элементов. Содержание кислорода сохраняется на прежнем уровне и изменяется в пределах 7,31-8,30 мл/л. Более интенсивно продуцирование кислорода протекает в районе вершинной поверхности банки, где воды пересыщены этим газом на 1-10%.

Характер распределения кислорода по вертикали аналогичен изменению кислорода с глубиной в весенний, летний и осенний периоды.

В придонном слое содержание кислорода уменьшается от 5,50-6,02 мл/л в районе вершинной поверхности банки до 4,50-4,72 мл/л в районе ее склона.

### 3.2. Распределение биогенных элементов в районе банки Обь

Зимой вертикальное распределение фосфатов характеризовалось наличием поверхностного 200-метрового однородного слоя с относитель-

но высоким их содержанием (1,60–2,20 мкг-ат/л). Волнообразный характер изолиний в данном слое можно объяснить развитием локальных зон подъема и опускания вод.

Между горизонтами 200–600 м наблюдается слабовыраженный слой максимума фосфатов (2,39–2,58 мкг-ат/л).

Вертикальное распределение кремниевой кислоты характеризуется высоким содержанием ее в верхнем 150–200 метровом слое (30,0–40,0 мкг-ат/л) наличием значительных вертикальных градиентов в слое 200–600 м и постепенным возрастанием с дальнейшим увеличением глубины /3/.

В весенний период концентрации биогенных элементов в районе банки Обь достигают максимальных значений. В этот период распределение фосфатов в поверхностном слое сравнительно однородно (1,6 – 1,7 мкг-ат/л), за исключением восточной части вершинной поверхности банки, где содержание фосфатов увеличивается до 2,00–2,20 мкг-ат/л. Такое повышение концентрации фосфатов можно объяснить подъемом в данном районе глубинных вод /2/.

С увеличением глубины содержание фосфатов возрастает.

В распределении кремниевой кислоты наблюдается общая тенденция повышения ее концентрации во всех направлениях от 24,9 мкг-ат/л в районе восточного склона до 35,0–37,5 мкг-ат/л – на периферии банки.

С глубиной содержание кремниевой кислоты повышается, достигая значительных градиентов в слое 100–300 м. Характер распределения кремниевой кислоты в придонном слое аналогичен ее распределению на поверхности /2/.

В летний период вследствие усиления фотосинтетической деятельности фитопланктона, концентрация биогенных элементов понижается.

Содержание фосфатного фосфора в поверхностном слое колеблется в интервале 1,20–1,65 мкг-ат/л и характеризуется следующими особенностями: чередование зон повышенного и пониженного содержания фосфатов, изофосфаты ориентированы вдоль меридиан. На глубине 400–600 м наблюдается максимум фосфатов /2/.

Летнее понижение концентрации фосфатов наблюдается в верхнем однородном слое.

В распределении кремниевой кислоты в поверхностном слое наблюдается общая тенденция уменьшения ее величин по мере продвижения в западном направлении, концентрации колеблются в интервале 14,2–17,8 мкг-ат/л/2/.

С глубиной концентрация кремниевой кислоты возрастает. Следует отметить, что летнее уменьшение концентрации, в отличие от содержания фосфатов прослеживается на значительную глубину вплоть до нижнего предела измерений, где изменяется в пределах 32,0-54,0 мкг-ат/л.

В осенний период распределение фосфатов в поверхностном слое отличается значительной пространственной неравномерностью и по сравнению с летним периодом повышается на 0,2-0,3 мкг-ат/л. Наиболее высокое содержание фосфатов (1,8-1,9 мкг-ат/л) наблюдается в районе северного и южного склонов банки.

Содержание кремниевой кислоты в поверхностном слое продолжает понижаться, особенно значительно - до 7,8 мкг-ат/л - в районе восточного склона банки.

В придонном слое сохраняются те же особенности распределения кремниевой кислоты, что и на поверхности, концентрация ее изменяется от 33,8 до 70,0 мкг-ат/л.

### 3.3. Распределение кислорода в районе банки Лена

В зимний период в районе банки Лена верхний 150-метровый слой отличается высоким и однородным содержанием растворенного кислорода (7,76-7,00 мл/л). Между горизонтами 200-300 м содержание кислорода убывало до 4,50 мл/л. Минимальное содержание кислорода отмечалось на глубинах 400-800 м, где оно равнялось 3,89-4,25 мл/л.

Насыщение воды кислородом в поверхностном слое составляет 90-98% /3/.

Весной распределение кислорода в поверхностном слое изменяется в пределах 7,90-8,20 мл/л. Степень насыщения воды кислородом вследствие небольшой интенсивности фотосинтеза не превышает 100%.

Однородный слой прослеживается до глубины 100-150 м. Глубже концентрация кислорода резко понижается до минимальных значений (4,00-4,23 мл/л; 55-60%) на глубинах 400-700 м. В придонном слое содержание кислорода несколько возрастает /2/.

В летний период концентрация кислорода в поверхностном слое изменяется от 7,40 мл/л в районе западного склона банки до 7,72 мл/л - в районе восточной вершинной поверхности банки, где более интенсивно протекают продукционные процессы, о чем свидетельствует пересыщение воды кислородом на 1-2%. Характер вертикального распределения кислорода аналогичен его вертикальному распределению в зимне-весенний период /2/.

Осенью концентрация растворенного кислорода сохраняется на том же уровне, что и летом, но несколько меняется характер его распределения. В поверхностном слое минимальные величины кислорода наблюдаются в центральной части банки (7,31-7,52 мг/л), а максимальные (7,60-7,72 мг/л) - на ее периферии.

#### 3.4. Распределение биогенных элементов в районе банки Лена

Зимой содержание фосфатов в поверхностном слое изменялось в пределах 2,00-2,40 мкг-ат/л. Между горизонтами 200-600м наблюдался слабовыраженный максимум фосфатов (2,40-2,82 мкг-ат/л) /3/.

В распределении кремниевой кислоты отмечалась следующая закономерность: в верхнем 200-метровом слое наблюдалось уменьшение ее концентраций с юга на север от 46,0+70,0 мкг-ат/л до 35,0+60,0 мкг-ат/л, соответственно /3/.

Весной распределение содержания фосфатов в поверхностном слое почти однородно (1,71-1,80 мкг-ат/л), за исключением юго-восточного склона банки, где содержание фосфатов незначительно уменьшается до 1,61 мкг-ат/л. Максимальных величин содержание фосфатов достигает в придонном слое.

Содержание кремниевой кислоты в поверхностном слое увеличивается от 30,0+35,0 мкг-ат/л в районе северного склона банки до 40,0-43,0 мкг-ат/л - в районе южного /2/.

В летний период в результате усиления фотосинтетической деятельности фитопланктона возросло потребление питательных солей, что нашло отражение в распределении фосфатов.

Содержание фосфатного фосфора уменьшается до 1,20-1,30 мкг-ат/л, что примерно в 1,5 раза меньше, чем весной. Минимальные величины фосфатов (0,91-1,02 мкг-ат/л) зафиксированы в районе восточной вершины банки.

Концентрация кремниевой кислоты в поверхностном слое банки Лена увеличивается от 10,0 мкг-ат/л в районе восточной вершины банки до 20,6 мкг-ат/л в районе ее северного склона /2/.

Вертикальное распределение фосфатов и кремниевой кислоты одинаково и характеризуется следующими особенностями. С увеличением глубины концентрации биогенных элементов повышаются, достигая максимальных значений на глубине 400-500 м в ядре теплых глубинных вод (фосфат

- 20,00 + 25,10 мкг-ат/л; кремниеслота - 35,0 + 35,6 мкг-ат/л)/2/.

Осенью интенсивность процесса фотосинтеза несколько уменьшается, как следствие этого сокращается потребление питательных солей, а концентрация фосфатов незначительно повышается. Их содержание в поверхностном слое сравнительно однородно и изменяется в пределах 1,60 - 1,82 мкг-ат/л. Лишь в районе западного склона банки наблюдается резкое увеличение фосфатов до 2,53 мкг-ат/л. В придонном слое концентрация фосфатов остается на уровне летней.

Содержание кремниеслота в осенний период продолжает понижаться, достигая минимальных значений. В поверхностном слое концентрации ее увеличиваются от 10,0 мкг-ат/л в районе восточной вершины банки до 16,0 мкг-ат/л на ее северном склоне. В придонном слое концентрация кремниеслота по сравнению с летом повышается и колеблется в интервале 70,0 - 100,0 мкг-ат/л.

Осенью, так же как и летом, на глубинах 400-500 м наблюдаются максимальные концентрации фосфатов и кремниеслота.

### 3.5. Сезонная изменчивость гидрохимических параметров в районе банок Обь и Лена

В поверхностном слое банок Обь и Лена максимальные концентрации растворенного кислорода наблюдаются в весенне-летний период, минимальные - зимой, годовая амплитуда невелика и составляет на банке Обь - 0,3 - 0,4 мл/л, на банке Лена - 0,5 - 0,9 мл/л. Наибольшее насыщение воды кислородом наблюдается летом и осенью, годовая амплитуда составляет 5-10%.

Максимальные концентрации фосфатов и кремниеслота наблюдаются зимой. По мере развития процесса фотосинтеза и увеличения потребления фосфатного фосфора, его концентрация постепенно уменьшается, достигая минимальных значений летом, годовая амплитуда величин концентраций фосфатов, составляет на банке Обь 0,4 - 0,6 мкг-ат/л и несколько возрастает на банке Лена до 1,0 - 1,2 мкг-ат/л. Концентрация кремниеслота минимальных значений достигает осенью, годовая амплитуда в поверхностном слое составляет 30-40 мкг-ат/л и 45-50 мкг-ат/л на банках Обь и Лена, соответственно.

Летнее понижение концентрации фосфатов наблюдается в верхнем однородном слое в отличие от понижения с глубиной концентрации кремниеслота, которое прослеживается на значительную глубину. Летом и осенью на глубине 400-500 м отмечается максимум фосфатов. В районе банки Лена на этих же глубинах наблюдаются максимальные по-

центрации кремнекислоты.

#### 4. Гидрохимические условия обитания объектов промысла в южной части хребта Кергелен и отдельных районах шельфа Антарктиды

В южной части хребта Кергелен находятся два обширных поднятия - это хребет "57 градуса" и плато Банзаро. Экспедиция, выполненная с ноября 1977 по май 1978 года на НПС "Фиолент" позволила в некоторой степени оценить экологическое значение этого района. Экспедиций в последующий период в этот район не проводилось. Ниже приводится краткое описание гидрохимических условий в южной части хребта Кергелен по данным съемки 8(10) рейса НПС "Фиолент" /9/.

Холодные антарктические воды, образующие верхний однородный слой отличаются высоким содержанием кислорода. Концентрация кислорода в нем изменяется от 7,5 мл/л до 7,9 мл/л. Насыщение кислородом составляет около 98%. Лишь на юго-востоке выделяется небольшая область, где пересыщение воды этим газом составляет 1-2%, а толщина слоя пересыщения равна 30м.

Слой "скачка кислорода", связанный со скачком температуры, характеризуется повышенными градиентами концентрации кислорода. Его верхняя граница поднимается до 50-75м на юге и опускается до 100-150 м на севере района. На востоке района этот слой частично размывается.

На больших глубинах располагается слой минимума кислорода, где концентрации достигают 4,0 мл/л и менее. На востоке района минимум кислорода достигает 4,4 мл/л (56%) и появляется в виде "язычков", то с севера, то с юга. Ниже слоя минимума концентрация кислорода возрастает и составляет 4,6-4,7 мл/л.

Концентрация фосфатного фосфора в верхнем однородном слое достигает 1,8-1,9 мкг-ат/л. В слое "скачка" концентрация фосфатов быстро возрастает до 2,0-2,3 мкг-ат/л. Глубже слоя "скачка" располагается слой максимума фосфатов, совпадающий с расположением слоя кислородного минимума. Концентрация фосфатов достигает в нем 2,4-2,6 мкг-ат/л. С глубиной концентрация фосфатов уменьшается и достигает 2,1-2,3 мкг-ат/л.

Концентрация кремнекислоты в верхнем однородном 50-метровом слое изменяется от 30 мкг-ат/л на севере района до 50-60 мкг-ат/л

- на иже. В слое "сначка кремниесилоты" содержание этого элемента изменяется от 60 мкг-ат/л до 120 мкг-ат/л. Ниже, по мере увеличения глубины, происходит постепенное повышение концентрации силикатов до 160-170 мкг-ат/л, причем, слой максимума отсутствует. В поверхностном слое содержание кремния достаточно велико и равно 40-60 мкг-ат/л, за исключением северо-восточной части района, где в результате опускания вод в центральной части антициклонического круговорота, содержание силикатов понижается до 10 мкг-ат/л.

В этом же рейсе на шельфе Антарктиды в море Содружества впервые было обнаружено промышленное скопление антарктической серебрянки. Площадь его составляла 700 кв. миль (координаты района:  $67^{\circ}30'$  -  $68^{\circ}00'$  ю.ш. и  $75^{\circ}15'$  -  $77^{\circ}00'$  в.д.).

Концентрация кислорода в поверхностном слое данного района составляет 7,6 мл/л, в некоторых местах 7,8 мл/л - 7,9 мл/л. Концентрации кислорода уменьшаются от поверхности ко дну, где их величины равняются 6,5-6,8 мл/л. Насыщение воды этим газом в поверхностном слое колеблется в пределах 91-94%, а в придонном - 78-80%.

Концентрация фосфатов в поверхностном слое велика и достигает 1,9-2,0 мкг-ат/л, однако, выделяются области с более низким его содержанием, равным 1,7-1,8 мкг-ат/л. С глубиной концентрация постоянно увеличивается и у дна становится равной 2,3 мкг-ат/л. Содержание кремниесилоты в поверхностном слое довольно высокое и равно 90-100 мкг-ат/л. В некоторых областях оно повышается до 110 мкг-ат/л. Ко дну концентрация силикатов возрастает и достигает в придонном слое 130 мкг-ат/л.

В XII рейсе РТМ-А "Кара-Даг" в марте 1980 г на шельфе земли Эндерби были обнаружены два промышленных скопления серебрянки (координаты первого -  $54^{\circ}30'$  -  $55^{\circ}20'$  в.д.,  $66^{\circ}00'$  -  $66^{\circ}10'$  ю.ш.; второго -  $52^{\circ}20'$  -  $53^{\circ}15'$  в.д.,  $65^{\circ}30'$  -  $65^{\circ}40'$  ю.ш.) и т.д.

Воды у земли Эндерби были высокоаэрированы (до 8,8 мл/л), перенасыщение верхнего 15-25-метрового слоя достигало 2-9%. Содержание фосфатного фосфора в нем составляло 1,78-2,10 мкг-ат/л, кремниесилоты - 64,08-74,06 мкг-ат/л.

В придонном слое на глубинах 200-400 м содержание растворенного кислорода колебалось от 6,0 до 7,3 мл/л (73-88% насыщения), концентрации фосфатного фосфора достигали 2,58 мкг-ат/л, кремниесилоты - 113,92 мкг-ат/л.

Однозначной зависимости распределения и динамики скоплений



объектов промысла от степени аэрации вод, тем более от содержания в них питательных солей, концентрации которых значительно превосходят лимитирующие для фотосинтеза не обнаружено.

### 5. Заключение

В отчете обобщены сведения по гидрохимическому режиму шельфа островов Кергелен, банок Обь и Лена для зимнего, весеннего, летнего и осеннего периодов.

В районе островов Кергелен четко выражена сезонная изменчивость гидрохимических элементов. Максимальная концентрация кислорода наблюдается весной, минимальная - в осенне-зимний период. Годовая амплитуда абсолютного содержания кислорода не превышает 0,6 мл/л, относительного содержания - 10-12%. Максимальная концентрация биогенных элементов наблюдается в осенне-зимний период, минимум фосфатов зафиксирован весной, кремниевые кислоты - летом. Годовая амплитуда фосфатов составляет 0,8-1,4 мкг-ат/л, кремниевые кислоты - 10-13 мкг-ат/л.

В районе Кергеленского шельфа сопоставлено распределение аномалий кислорода у дна, рассчитанных по методу Адлова, с локализацией скоплений донных рыб. В результате получено, что положение областей отрицательных аномалий кислорода хорошо согласуется с распределением скоплений рыб на шельфе. Плотные устойчивые скопления рыб могут вызвать заметный недостаток кислорода даже в местах с интенсивной вентиляцией вод. Выявлено, что между температурой и кислородом в летний и осенний периоды в районе шельфа о-вов Кергелен наблюдается тесная и устойчивая связь, за исключением тонкого поверхностного слоя.

Учет распределения аномалий кислорода совместно с другими факторами, обуславливающими образование скоплений, позволит точнее ориентировать поисковые работы на шельфе о. Кергелен. Метод учета аномалий кислорода может принести пользу при определении новых районов промысла как донных, так и пелагических объектов.

Пространственное распределение гидрохимических элементов в районе банок Обь и Лена также характеризуется пространственной неоднородностью и четко выраженным сезонным ходом всех гидрохимических элементов. Их годовая амплитуда аналогична годовой амплитуде гидрохимических элементов в районе островов Кергелен.

В отчете приведено краткое (из-за отсутствия данных) описание гидрохимических условий в южной части хребта Кергелен и для районов промысловых скоплений антарктической серебринки в море Содружества и на шельфе земли Эндерби.

Однозначной зависимости распределения и динамики скоплений объектов промысла от степени аэрации вод и от содержания в них питательных солей не обнаружено.

#### Литература

1. Отчет, включающий обобщение материалов экспедиционных исследований, (Отчет) тема 3.0.74.01.01.01.Н2, инв. № 76023149, АзчерНИРО, Химица В.А., Керчь, 1976, 45 стр.

2. Характеристика особенностей гидрохимических условий и их сезонной изменчивости в районах банок Обь и Лена (отчет, промежуточный этап), тема 7(7)0.74.01.06.06., инв. № 78044480, АзчерНИРО, Химица В.А., Керчь, 1978, 23 стр.

3. Особенности гидрохимических условий, определяющих обитание объектов рыбного промысла, в районах поднятий океанического дна Антарктической зоны Индийского океана и шельфа Антарктиды (отчет, промежуточный этап), тема 7, инв. № 79018900, АзчерНИРО, Химица В.А., Керчь, 1979, 23 стр.

4. Адров М.М. Гидрологические исследования у Западного побережья Гренландии. "Советские рыбохозяйственные исследования в северо-западной части Атлантического океана", изд. ВНИРО-НИРО, М., 1962г.

5. Адров М.М. К вопросу о взаимосвязи между распределением температуры, кислорода и скоплений рыбы в некоторых промысловых районах Баренцева и Норвежского морей. Труды ПИНРО, вып. ХУІ, 1964, стр. 251-268.

6. Адров М.М. К вопросу о практическом использовании статистического распределения некоторых океанологических характеристик. Труды ПИНРО, вып. УІ, 1966, стр. 148-162.

7. Мороз И.Ф. О корреляционных связях между гидрохимическими и термохалинными характеристиками вод Тихоокеанского сектора Антарктики. Известия ТИНРО, т. 102, 1978, стр. 26-31.

8. Отчет о I рейсе (II этап) РТМ-А "Кара-Даг" в Антарктический сектор Индийского океана (ноябрь 1971 - май 1972), инв. № , КРПР Начальник рейса Шилов В.Н., Керчь, 1972г.

9. Отчет о 8(10) рейсе НПС "Фиолент" в Антарктический сектор Индийского океана. Инв. № , АзчерНИРО, начальник рейса Левицкий В.Н., Керчь, 1973г.

10. Отчет о XII рейсе РТМ-А "Кара-Даг" в Антарктический сектор Индийского океана, инв. № , КРПР, начальник рейса Штыркин В.Н., Керчь, 1980г.