

Министерство рыбного хозяйства СССР

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

удк 591.524.12:597 (269.74)

№ гос.регистрации 80010726

Инвентарный номер



"Для служебного
пользования"

№ 4



УТВЕРЖДАЮ:

директор Азчерниро

В. Л. Спиридонов

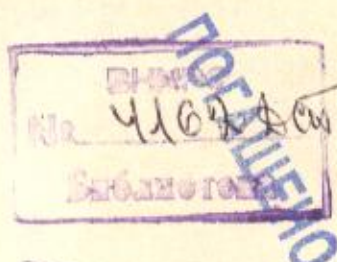
16 января 1981 г.

Промысловые ресурсы криля индоокеанского
сектора Антарктики

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

(промежуточный этап)

Шифр темы 3(3) 0.74.01.01.03.H4
0.74.01.02.01



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

Б.П. Губанов

Зав. лабораторией гидробиологии,
руководитель темы и ответственный
исполнитель, к.б.н.

Э.З. Самылов

Исполнители: и.о. ст.н.с., к.б.н.

М.С. Савич

М.Н.С.

А.И. Лушов

инженер

В.С. Ефимов

Керчь, 1981

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. БОИМОВ В.С. инженер (раздел 4)
2. ЛУНОВ А.И. м.н.с. (разделы 2, 3)
3. САВИЧ М.С. и.о.ст.н.с., к.б.н. (раздел I)
4. САМЫШЕВ Э.З. зав.лаб., к.б.н. (введение, разделы 2, 5, 6)

РЕФЕРАТ

стр. 73, рис. 29, табл. 7

Ключевые слова: планктонные сообщества антарктической зоны, море Содружества, распределение, межгодовая изменчивость, несбалансированность трофических отношений, скопления криля, пополнение запасов.

На примере района моря Содружества установлено, что планктонные сообщества антарктической зоны Индийского океана формируются и существуют в сложной системе течений. При всем многообразии планктонных организмов различного происхождения доминируют преимущественно представители антарктического комплекса. Согласование или несогласование картины распределения организмов разных трофических групп зависит от масштаба рассмотрения.

Выявлена межгодовая изменчивость уровня развития компонентов планктона. Характерной чертой планктонных сообществ региона является несбалансированность трофических отношений. Образование скоплений криля в океанической зоне региона обязано как приносу их с запада, так и выносу из прибрежных зон. В последних, по всей вероятности, в основном формируется пополнение запасов криля.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр.
В в е д е н и е	<u>5</u>
1. Закономерности развития фитопланктона в районе моря Содружества	<u>6-32</u>
2. Первичная продукция, продукция бактериопланктона и взвешенное органическое вещество района моря Содружества	<u>32-37</u>
3. Результаты определения балансовых величин рациона у криля и некоторых антарктических зоопланктеров	<u>38-45</u>
4. Характеристика ротовых придатков массовых видов копепод антарктической зоны	<u>45-54</u>
5. О распределении личинок массовых видов эвфаузиевых и к вопросу о закономерностях образования скоплений <i>Viridansia kerova</i> в районе моря Содружества	<u>55-64</u>
6. Основные черты структуры планктонных сообществ района моря Содружества	<u>64-71</u>
7. Литература	<u>71-78</u>

В В Е Д Е Н И Е

Гидробиологические исследования в рамках темы 3(3) НИР АзчерНИРО в 1980 г. осуществлялись как в плане продолжения изучения закономерностей распределения основного объекта - криля, так и в плане изучения в целом структуры планктонных сообществ Антарктики в соответствии с пятилетним (1976-1980 гг.) проектом программы АзчерНИРО "Юг". Основным районом комплексных исследований стал район моря Содружества, в пределах которого в течение последних лет обнаружены районы промысла криля. При этом по техническим причинам степень изучения разных вопросов как в течение прошедшей пятилетки, так и в 1980 году были разными.

В 1980 г. на основании материалов, полученных в течение ряда лет, сделана попытка выявить некоторые закономерности развития фитопланктона, на основании изучения распределения личинок криля и его промысловых скоплений - получить представление как о закономерностях образования этих скоплений, так и о форме существования популяции криля в исследуемом регионе. Большим подспорьем для решения последней задачи стали полученные в текущем году сведения о первичной продукции, продукции бактериопланктона и взвешенном органическом веществе. В плане изучения трофической структуры зоопланктона в 1980 г. продолжены работы по изучению ротовых придатков массовых видов копепод. С целью выявления функциональной роли зоопланктонов продолжены также исследования их энергетических характеристик; при этом основным объектом являлся криль.

Совокупность полученных сведений позволяет в первом приближении (впервые в практике исследований антарктической зоны) получить представление об основных чертах структуры планктонных сообществ этой зоны океана.

I. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

В 1980 г. произведена обработка проб фитопланктона, собранных в 13 рейсах РТМ-А "Чатыр-Даг" на пяти стандартных разрезах в районе моря Содружества. Кроме того, при обобщении в настоящем разделе использованы данные обработки проб растительного планктона, собранных в 7 и 11 рейсах РТМ-А "Чатыр-Даг". Район исследований ограничен 60-90° в.д. и 59° ю.ш. — кромкой льда на юге. Объем использованного материала представлен в таблице I.1.

Таблица I.1

Объем материала по фитопланктону, собранного в индоокеанском секторе Антарктики в 1977-1979 гг.

№ рейса	Экспедиционное судно	Время сбора проб	Кол-во станций	Кол-во проб
7	РТМ-А "Чатыр-Даг"	I-III.1977 г.	42	210
11	- " -	XII-1977 - 1978 г.	74	370
13	- " -	II.1979 г.	42	210
Итого:			158	790

Качественный состав фитопланктона

В обследованном районе обнаружено 204 вида и разновидности водорослей, относящихся к четырем систематическим отделам: диатомовым, перидиниевым, золотистым и синезеленым. Среда, вышеуказанных отделов по числу видов доминировали диатомовые (138 видов или 67,7%) и перидиниевые (63 вида или 30,9%). Остальные отделы представлены 3 видами, что составило 1,4% от общего числа (табл. I.2). Безусловно, общее количество видов несколько занижено за счет неопределенных форм мелких перидиний и некоторых диатомей.

В различные годы фитопланктон обследованной экватории Индийского океана, как и по данным других исследователей (1), был довольно сходен по своему качественному составу. Однако наблюдалось изменение примерного количества видов растительного планктона. Так, в антарктическое лето 1977 г. было обнаружено 97 форм.

Таблица 1.2

Качественный состав фитопланктона в индоокеанском секторе Антарктики в 1977-1979 гг.

Отделы	Время наблюдений	Январь-март 1977 г.	Декабрь 1977 г., март 1978 г.	Февраль 1979 г.	Всего видов	%
Диатомовые		63	144	95	138	67,7
Перидиниевые		33	43	42	63	30,9
Золотистые		1	1	2	2	0,9
Синезеленые		-	1	1	1	0,5
В с е г о:		97	159	140	204	100%

В этот же период 1978 и 1979 гг. - соответственно 159 и 140 видов и разновидностей. Увеличение качественного состава происходило, как правило, за счет редковстречающихся форм. Во все годы наблюдений наиболее разнообразными были роды: *Chaetoceros* (26 видов), *Rhizosolenia* (17 видов), *Nitzschia* (16 видов), *Fragilariopsis* (9 видов) и др. Согласно нашим и литературным данным (2, 3) основу численности и биомассы фитопланктона в обследованном районе составляли антарктические, субантарктические и умеренно-тепловодные формы, причем число видов диатомовых водорослей, встречаемость которых превышает 50%, сравнительно невелика - не более 20. К ним относятся:

Cocconeis micropilum, *Rhizosolenia hebetata* f. *imbricata*, *Rh. alaba* f. *inermis*, *Chaetoceros micropilus*, *Ch. neglectus*, *Ch. dichroa*, *Fragilariopsis antarctica*, *Nitzschia parkleyi*, *N. closterium*, *Frag. curta*, *Frag. chenovi* и др.

Перидиниевые водоросли, по сравнению с диатомовыми, в антарктических водах Индийского океана были менее многочисленными. Нами в составе этого отдела обнаружено 63 вида, причем в разные периоды наблюдений количество видов перидиний изменялось незначительно (табл.1.2). Среди этих водорослей наибольшим разнообразием отличался род *Pseudoisohyalium* (16 видов). По 4-6 видов включали в себя роды *Baivialis*, *Proocentrum*, *Bonania*, *Glenodinium*, *Gymnodinium*, *Ceratium* и др.

По литературным данным (2,4), общее количество перидиниевых водорослей значительно меньше. Наблюдаемое в 1977-1979 гг. большее число этих водорослей можно объяснить тем, что нами обработан многолетний материал в количестве 790 проб, позволивший обнаружить редкостречающиеся виды, а также тем, что мы пользовались батометрическими пробами, а не сетными. Последние характеризуются меньшим разнообразием перидиней.

Кроме вышеуказанных отделов в обследованном секторе Южного океана встречалось два вида золотистых водорослей (*Xistophanus speculum* и *Rhabdosphaera sp.*) и один вид синезеленых (*Oscillatoria*).

Таким образом, отличительной чертой фитопланктона антарктического сектора Индийского океана является сравнительно большое разнообразие диатомей, среди которых не более 20 видов можно отнести к наиболее распространенным. Пирофитовые водоросли, ранее считавшиеся бедным отделом, согласно нашим данным, являются весьма разнообразными, составляя 30,9% от общего количества видов.

Количественное развитие. С целью изучения количественного развития фитопланктона в индоокеанском секторе Антарктики нами были использованы материалы, собранные в летне-осенние месяцы в 1977-1979 гг. На основании имеющихся данных были рассчитаны средние биомасса и численность всего фитопланктона и его отделов для каждого отдельного года в зональном плане, а также среднеего-летняя величина. В результате выявлено, что уровень развития фитопланктона в различные годы был неодинаковым. Ниже среднегого-летнего уровня, равного 636 мг/м^3 в слое 0-100 м, развивался растительный планктон в летне-осенние месяцы 1977 и 1978 гг. (табл.1.3). Максимальная вегетация фитопланктона отмечалась в феврале 1979 г., когда средняя биомасса по району равнялась 1137 мг/м^3 . Изменения в уровне развития, присущие всему фитопланктону, были характерны и для ведущей группы - диатомей, составляющих основную часть биомассы (96%).

Многолетние колебания численности всего фитопланктона и диатомей были менее выражены. Так, самая высокая средняя численность ($140,2 \text{ млн. кл/м}^3$ в слое 0-100 м) отмечалась в летне-осенние месяцы 1977 г., а минимальная - в тот же период 1979 г.

То есть в антарктической зоне Индийского океана в различные годы наблюдается неодинаковая размерная структура фитоценоза, обусловленная протеканием различных стадий фитопланктонной сукцессии.

Характеризуя уровень развития перидиней и кремнежгутиковых, можно сказать, что они наиболее интенсивно развивались в декабре 1977 г. — январе 1978 г. В остальное время их уровень вегетации был ниже среднегогодового, равным для перидиней $2,6 \text{ млн. кл/м}^3$ и $25,8 \text{ мг/м}^3$ в слое 0–100 м, а для кремнежгутиковых — $0,4 \text{ млн. кл/м}^3$ и $0,9 \text{ мг/м}^3$ (табл. I.3).

При рассмотрении количественного развития фитопланктона в зональном плане установлено, что в направлении с запада на восток (от 60° до 75° в.д.) наблюдалась увеличение численности и биомассы планктонных водорослей (табл. I.4, I.5, I.6). Начиная с 80° в.д. происходило новое нарастание интенсивности развития фитопланктона (табл. I.4). Все сказанное в отношении суммарного фитопланктона справедливо и в отношении отдельных групп водорослей — диатомовых, перидиниевых и кремнежгутиковых.

Во второй половине антарктического лета, наоборот, максимальное развитие диатомового планктона наблюдалось на западном разрезе (по 60° в.д.), а максимальное — на 75° меридиане (табл. I.5). Следует отметить, что подобная закономерность была свойственна только диатомеям, так как интенсивность развития перидиней и кремнежгутиковых в первой и второй половине антарктического лета возрастала по мере продвижения в восточном направлении (табл. I.5).

В целом по обследованному району наиболее высокий уровень развития фитопланктона отмечался в первой половине лета, когда наблюдается долгий антарктический день. В это время особенно обильное развитие фитопланктона зафиксировано в отдельных локальных районах открытой части и в заливе Прюде. В последнем средняя численность и биомасса фитопланктона достигали $925\text{--}1048,6 \text{ млн./кл/м}^3$ и $789\text{--}22,17 \text{ мг/м}^3$ в слое 0–100 м. В конце лета происходило, как правило, снижение уровня развития всех групп фитопланктона во всем обследованном районе. Исключения составляли небольшие участки. Так, в заливе Прюде, судя по данным океанографической съемки, выполненной драгды (28.12.77 г. — 20.01.78 г.; 18.02–20.03.78 г.) биомасса водорослей уменьшилась к концу лета почти вдвое, составив 456 мг/м^3 . Значительное снижение в уровне развития фитопланктона к концу лета, несомненно, является результатом завершения

Таблица 1.3

Изменение средней биомассы (Б, мг/л³ в слое 0-100 м) и численности (Ч, млн.кл/м³) отдельных групп фитопланктона в антарктической зоне Индийского океана в 1977-1979 гг.

Наименование группы	Январь-март 1977 г.		Декабрь январь 1978 г.		Февраль-март 1978 г.		Февраль, 1979 г.		Средняя много- летняя	
	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч
Диатомовые	375,6	138,1	514,8	112,8	391,0	40,6	1115,7	109,9	608,5	101,9
Периллиновые	13,4	1,8	53,6	3,9	19,8	2,0	18,8	2,6	25,8	2,6
Кремнегутьковые	0,3	0,1	1,2	0,5	0,7	0,3	1,3	0,6	0,9	0,4
Синезеленые	-	-	-	-	0,3	1,0	0,1	0,5	0,1	0,4
Прочие	0,1	0,2	0,5	0,6	0,4	0,5	0,8	0,6	0,4	0,5
Всего фитопланктона	389,4	140,2	570,1	117,8	412,2	44,4	1136,7	114,2	635,7	105,8

Таблица I.4

Изменение средней численности (Ч, млн. кл./м³ в слое 0-100 м) и биомассы (Б, мг/м³) отдельных групп фитопланктона зонально в январе-марте 1977 г.

Наименование группы	60° в.д.		65° в.д.		70° в.д.		75° в.д.		80° в.д.		85° в.д.		90° в.д.	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Диатомовые	35,0	168,5	56,5	209,5	92,0	256,0	1044,2	2168,9	28,3	190,0	44,2	286,4	173,8	362
Перидиниевые	2,6	14,7	1,3	19,0	1,6	9,2	4,1	46,9	1,3	6,6	1,4	4,3	1,4	8
Кремнежгутиковые	0,1	0,2	0,03	0,1	0,05	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0
Прочие	-	-	-	-	0,05	0,04	0,04	0,04	1,13	0,3	0,2	0,1	0,3	0
Всего фитопланктона	37,7	183,4	57,83	228,6	93,7	265,34	1048,54	2216,3	30,8	197,1	46,0	291,4	175,7	37

Таблица 1.5

Изменение средней численности (Ч, млн. кл./м³ в слое 0-100 м) и биомассы (Б, мг/м³) отдельных групп фитопланктона зонально в первой и второй половинах антарктического лета 1977-1978 гг.

Наименование группы	60° в.д.		65° в.д.		70° в.д.		75° в.д.	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Диатомовые	49,5	437,1	57,2	427,6	43,2	465,0	282,6	708,2
Перидиниевые	2,1	20,6	3,1	18,6	4,8	92,3	5,4	80,0
Кремнехитиковые	0,2	0,4	0,2	0,4	0,1	0,3	1,6	3,5
Синезеленые	-	-	-	-	-	-	-	-
Прочие	0,7	0,9	1,1	0,7	0,04	0,02	0,8	0,4
Всего фитопланктона	52,5	459,0	61,6	447,3	48,14	557,62	290,4	792,1
			Февраль - март 1978 г.					
Диатомовые	44,3	546,6	55,3	378,0	26,5	299,9	36,7	344,8
Перидиниевые	1,6	11,9	2,3	12,4	1,1	9,6	2,8	42,8
Кремнехитиковые	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,7	0,4	0,8
Синезеленые	-	-	3,6	0,9	0,7	0,2	-	-
Прочие	0,6	0,4	0,2	0,1	0,4	0,4	0,7	0,6
Всего фитопланктона	46,7	559,5	61,6	391,9	29,0	310,8	40,6	389,0

Таблица 1.6

Изменению средней численности (Ч, млн. кл./м³ в слое 0-100 м) и биомассы (Б, мг/м³) отдельных групп фитопланктона зонально в феврале 1979 г.

Наименова- ние групп	60° в.д.			65° в.д.			70° в.д.			75° в.д.			80° в.д.		
	Ч	Б		Ч	Б		Ч	Б		Ч	Б		Ч	Б	
Диатомовые	75,6	698,7		82,6	722,1		92,7	1827,2		177,7	1307,2		104,3	975,3	
Перидиниелые	2,5	18,6		2,8	21,5		2,7	15,4		2,6	23,3		2,5	14,2	
Кремнегутьковые	1,1	2,6		0,4	0,9		0,3	0,7		0,5	1,2		0,5	1,2	
Синезеленые	0,02	0,01		1,3	0,3		1,6	0,4		-	-		-	-	
Прочие	0,3	0,2		0,1	0,1		0,4	0,2		1,7	3,0		0,3	0,2	
Всего фитопланктона	79,52	720,11		87,2	744,9		97,7	1843,9		182,5	1334,7		107,6	990,9	

вегетационного сезона по причине снижения солнечной радиации, активизации циклонической деятельности атмосферы, обуславливающей снижение стратификации вод и, наконец, понижения температуры воды, вызывающей льдообразование.

Таким образом, в антарктической зоне Индийского океана зафиксирован неодинаковый уровень развития фитопланктона в отдельные летне-осенние месяцы, что можно объяснить следующим. Как показали океанографические исследования, повсеместно на обследованной акватории в местах интенсивного и слабого развития фитопланктона концентрация биогенных элементов в верхнем 50-метровом слое была высокой (50 и более мкг Р/л), то есть они практически не лимитировали вегетацию растительных организмов. Возможно более низкая биомасса диетомового планктона в летне-осенние месяцы 1977-1978 гг. объясняется выеданием его растительноядными (крилем), присутствующими в эти годы в значительно больших количествах, чем в 1979 г. (средневосточные уловы в 1977-1978 гг. равнялись 50 тонн, а в 1979 г. - 29 тонн).

Горизонтальное распределение фитопланктона

Изучение горизонтального распределения фитопланктона является неотъемлемой частью исследований по выявлению продуктивных зон, с которыми связаны места концентраций промысловых объектов и в частности криля, активно питающегося растительным планктоном (5). Следует отметить, что в индоокеанском секторе Антарктики характер горизонтального распределения фитопланктона и его связь с океанографическими факторами изучены слабо. Установлено, что воды юго-восточной части района между 60-90° в.д. (включая залив Прюде) богаты фитопланктоном (2, 6, 7). Исследования, проведенные АзчерНИРО в последние пять лет, позволили выяснить специфику изменений в распределении растительного планктона с учетом новых черт в схеме геострофической циркуляции и антарктической дивергенции (8, 9).

Ниже рассматривается распределение фитопланктона в летне-осенние месяцы на основании данных, полученных в январе-марте 1977 г., декабре 1977 г. - январе 1978 г., феврале-марте 1978 г. и феврале 1979 г.

В январе-марте 1977 г. пространственное распределение растительного планктона было неравномерным: численность его изменялась в пределах 7,8-1636,5 млн.кл/м³, а биомасса - 27,5-2674,2 мг/м³ в слое 0-100 м. Наиболее плотные (более 1000,0 млн.кл/м³ и

2000 мг/м³) скопления фитопланктона наблюдались в центральной и южной части залива Прюде (рис. I. I, А). По нашему мнению богатство фитопланктоном вод залива Прюде, в котором концентрация фосфатов в период исследований была равна 44-61 мкг Р/л в слое 0-50 м, а кремнекислоты - 680-710 мкг Si^{ic}/л, связана с антициклонической завихренностью и наличием в его отдельных участках зон со слабым циклоническим движением вод (10). Известно, что мощные подъемы вод (6, II) в антарктической зоне или слишком сильное турбулентное перемешивание (4) оказывают отрицательное влияние на развитие фитопланктона. По-видимому стабильность динамических процессов в заливе Прюде, обусловленная орографическим фактором, при хорошей обеспеченности вод биогенами, способствовала интенсивной вегетации растительного планктона. Кроме того, на северной периферии залива Прюде антициклоническая завихренность препятствовала выносу растительных клеток.

В океанической зоне района в исследованный период небольшие по величине продуктивные растительным планктоном участки с численностью 148 и 578 млн. кл/м³ и биомассой 514 и 1011 мг/м³ отмечались на станциях, расположенных в северо-западной (по 65° в.д. и 62° ю.ш.) и северо-восточной (по 90° в.д. и 62° ю.ш.) частях обследованной акватории и были приурочены к периферии зон с преобладающей циклонической завихренностью. Отсутствие участков с большими концентрациями фитопланктона, вероятно, следует рассматривать как результат нестабильности динамических явлений в гидросфере, а не как следствие низкого содержания питательных солей. Последние повсеместно встречались в больших количествах: фосфатов - 52-64 мкг Р/л в слое 0-50 м, кремнекислоты - 340-1275 мкг Si^{ic}/л (10). Исключение составляли две станции в северной части разреза по 90° в.д., характеризовавшиеся самым низким содержанием кремнекислоты (290-295 мкг Si^{ic}/л) и соответственно низкой численностью (8-10 млн. кл/м³) и биомассой (27-29 мг/м³) планктонных водорослей (рис. I. I А).

Аналогичным образом распределялись диатомовые и перидиниевые водоросли, максимальные количества которых зафиксированы в заливе Прюде и на некоторых станциях в западной и восточной частях моря Содружества (рис. I. I Б, В).

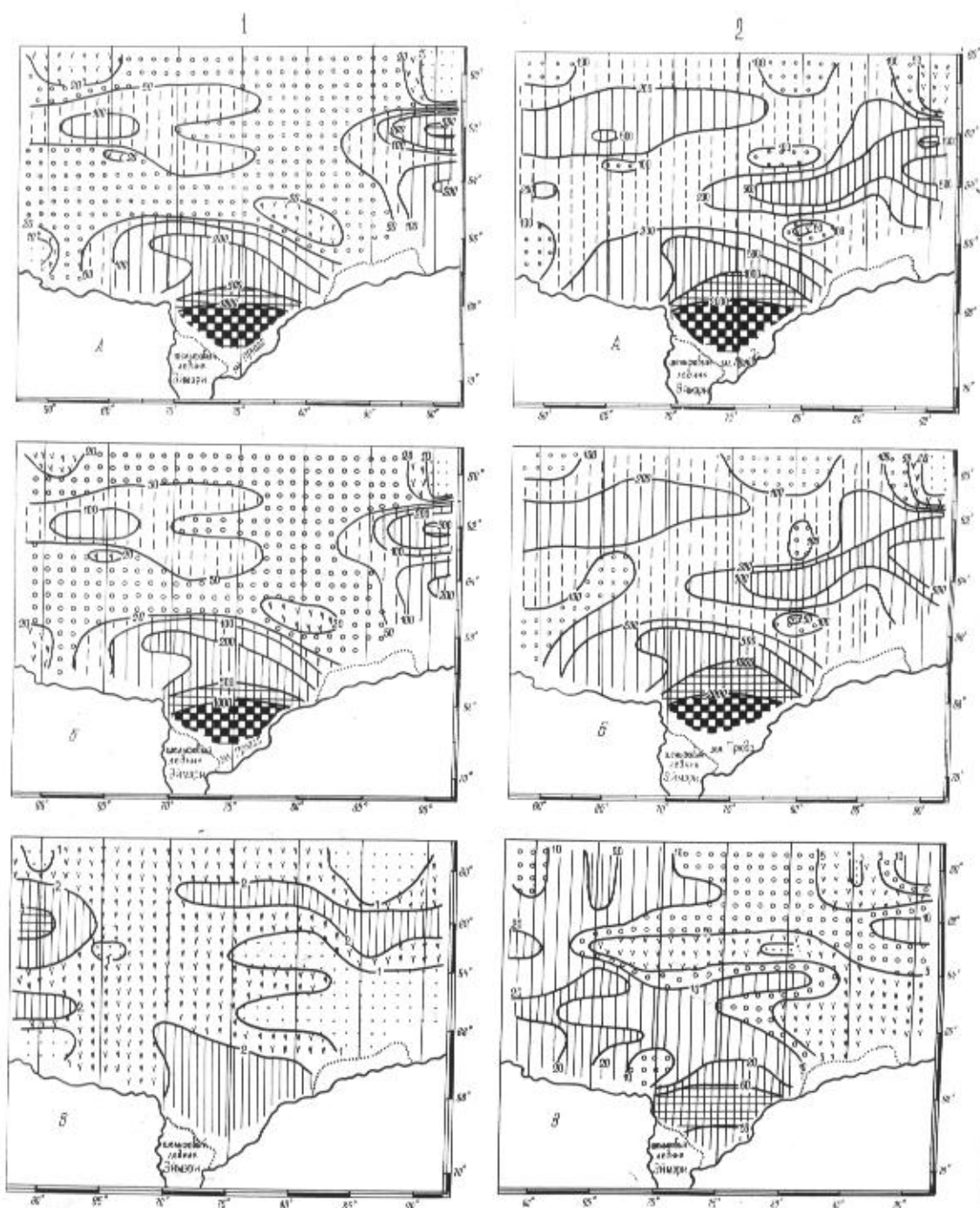


Рис.1.1. Распределение численности (I, млн.кл./м³) и биомассы (II, мг/м³, всего зоопланктона (А), диатомей (Б), и перидиней (В)) в слое 0-100 м в январе-марте 1977 г.

Распределение фитопланктона в летне-осенние месяцы 1977-1978 гг. было также пятнистым, что естественно объясняется, как и в предшествующий летний сезон, неоднородностью гидрологического поля. На обследованной акватории (60-75° в.д.) в середине антарктического лета биомасса фитопланктона колебалась в пределах от 110 до 1867 мг/м³ в слое 0-100 м, а численность - от 8,2 до 1659,4 млн.кл/м³ (рис. I.2, I.3).

Богатая фитопланктоном зона (583-1340 мг/м³) располагалась вдоль континентального склона Антарктиды (включая залив Прюде), где, согласно океанографическим исследованиям, временно развивались локальные круговороты циклонического типа, а при маловетренной погоде создавались условия для стратификации вод (13). В заливе Прюде в это время происходило интенсивное развитие мелких диатомей из рода *Nitzschia* и *Fragilaria*. Они создавали колоссальную численность (1659,4 млн.кл/м³), но сравнительно низкую биомассу, не превышающую 879 мг/м³. Из-за бурного развития мелких диатомей и ассимиляции или питательных солей, содержание последних в заливе понизилось до 45 мкг Р/л - минимального значения, зарегистрированного за весь период исследований (13).

Другой продуктивный участок (576-1451 мг/м³) расположился между 64-62° ю.ш. и 65-75° в.д. - севернее зоны антарктической дивергенции, ориентированной примерно по 64° ю.ш. (13). И, наконец, третья продуктивная зона с биомассой, равной 651-1867 мг/м³, наблюдалась на северо-востоке, над плато Банзарэ, где отмечалась циклоническая завихренность (8).

Все сказанное в отношении суммарного фитопланктона справедливо и в отношении диатомового планктона. Исключение составляли перидиниевые водоросли. Последние, значительно уступая по уровню развития диатомеям, в отдельных локальных районах образывали весьма большие концентрации за счет необычайно интенсивного развития *Peridinium polycranta*. Как видно из рис. I.4 в океанической зоне, севернее антарктической дивергенции, выделяется два богатых этими водорослями участка, причем местоположение их практически совпадало с вышеотмеченными зонами обильного развития диатомей. В первом из них (по 75° в.д. и 59° ю.ш.) биомасса достигала 789 мг/м³ в слое 0-100 м, во втором (по 75° в.д. и 63-64° ю.ш.) этот показатель равнялся 108-452 мг/м³. Следует отметить, что ранее никто из исследователей подобного развития перидинией из рода *Peridinium* не отмечал. Можно

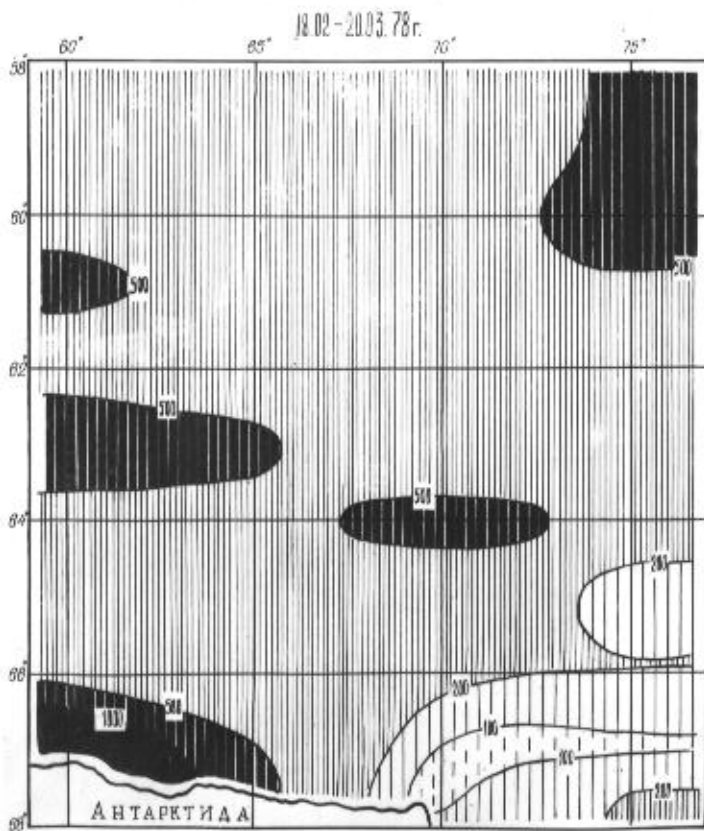
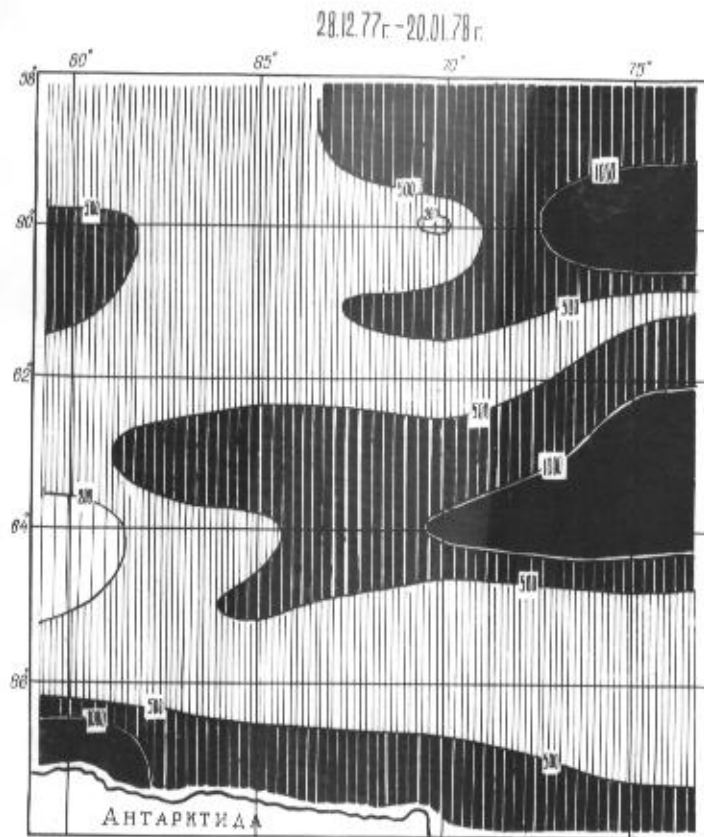


Рис.1.2. Распределение биомассы (мг/м^3) всего фитопланктона в слое 0-100 м в летне-осенний период 1977-1978 гг.

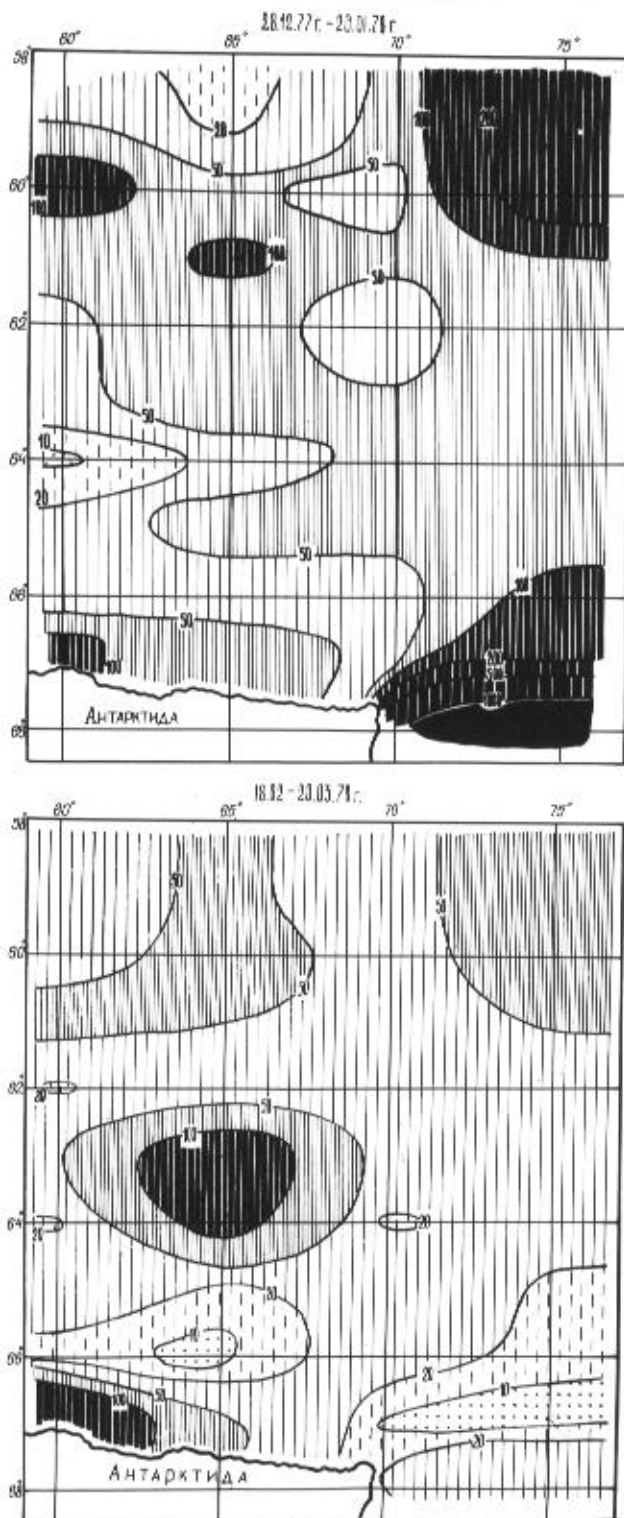


Рис.1.3. Распределение численности (млн.кл/м³) всего фитопланктона в слое 0-100 м в летне-осенний период 1977-1978 гг.

Рис.1.4. Распределение численности (млн.кл/м³) фитопланктона в слое 0-100 м в летне-осенний период 1977-1978 гг.

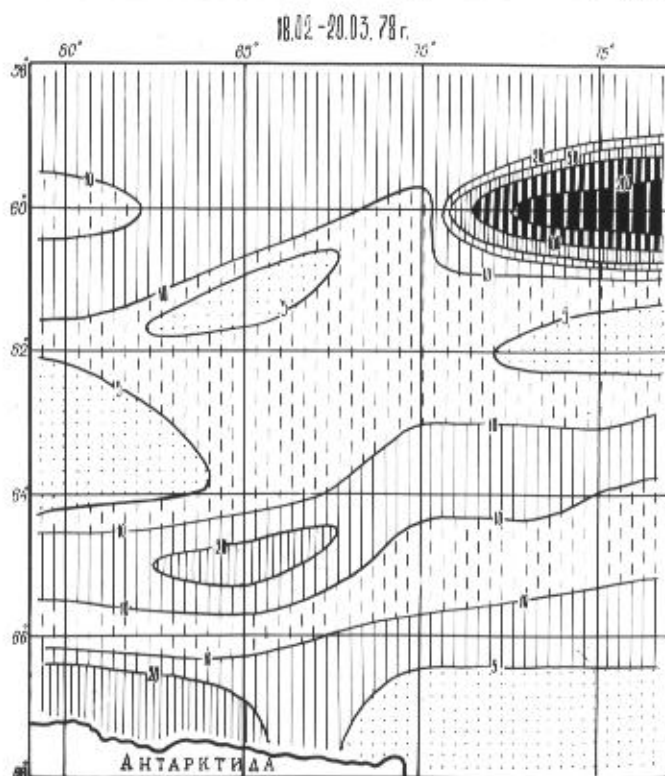
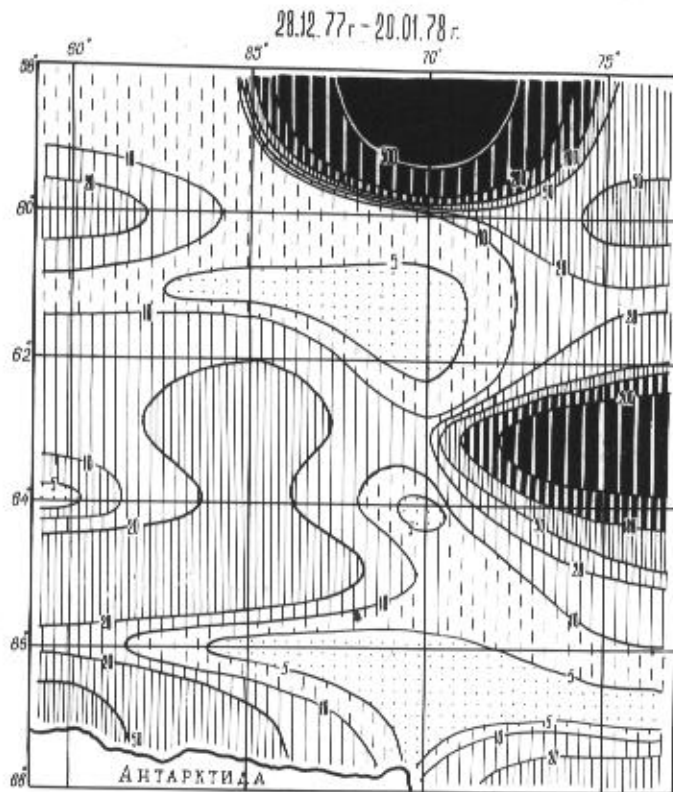


Рис.1.4. Распределение биомассы ($\text{мг}/\text{м}^3$) перидиней в слое 0-100 м в летне-осенний период 1977-1978 гг.

предположить, что перидиниевые водоросли в отдельные годы попадают в высокие широты из более низких, достигая зоны антарктической дивергенции. В пользу этого предположения говорят последние донные лаборатория промышленной океанографии по меридиональному переносу вод, свидетельствующие о проникновении далеко на юг поверхностных субантарктических вод (14). В конце лета, в период второй океанографической съемки (18.02 - 20.03.1978 г.), наблюдалось не только снижение в полтора - два раза уровня развития фитопланктона, но произошли и изменения в местоположении продуктивных по растительному планктону зон, за исключением участка в северо-восточной (биомасса колебалась в пределах 554-748 мг/м³) и юго-западной (531-1586 мг/м³) частях (рис.1.2). Вероятно из-за неустойчивости динамических явлений в гидросфере полностью исчезла продуктивная зона, отмечаемая между 64-62° ю.ш. и 65-75° в.д. Вместе с тем небольшие продуктивные пятна с биомассой, не превышающей 1000 мг/м³, появились в западной части между 64-61° ю.ш. и 60-70° в.д. (рис.1.2).

Особенно резко снизилось количество фитопланктона в заливе Прюде - по численности в 18 раз, а по биомассе почти в два раза. Различие в кратностях снижения численности и биомассы объясняется тем, что в середине лета вегетировали; как мы уже отмечали выше, преимущественно мелкие диатомовые водоросли, в конце лета значительно возросла доля крупных клеток. Кроме того, в это время в северной части залива Прюде встречались весьма обширные скопления криля (13). Вполне возможно, что резкое снижение численности растительного планктона и произошло по причине его выедания.

В конце антарктического лета изменилось и пространственное распределение перидиней. В значительном количестве (18,5 млн. кл/м³ и 339 мг/м³ в слое 0-100 м) эти водоросли (в основном *Peridinium rubrum*) были обнаружены только в точке с координатами 75° в.д. и 60° ю.ш. (рис.1.4).

В результате анализа фитопланктонных материалов, полученных в феврале 1979 г., выявлено, что в данный период времени антарктические воды в пределах исследуемого района характеризовались большим содержанием растительного планктона, превышающим в 2,0-2,9 раза его биомассу в летние месяцы 1977-и 1978 гг. По обследованной акватории численность его колебалась от 16,8 до 479,4 млн. кл/м³, а биомасса - от 221,0-697,0 мг/м³ в слое

0-100 м. Пространственное распределение численности и биомассы суммарного фитопланктона и доминирующих диатомей, как и в летний период предыдущих годов, зависело от геострофической циркуляции вод, определяющей не только распределение гидрохимических характеристик, но и планктонных водорослей. Большое количество растительного планктона было приурочено, как правило, к периферии циклонических круговоротов, наблюдаемых в заливе Прюде, северо-западное отдели Фрам, севернее 66° ю.ш. между меридианами $65-75^{\circ}$ в.д. — в зоне антарктической дивергенции и такого же знака круговорота, существующего над плато Банзара (15). Соответственно в этих местах зарегистрированы максимальные значения биомассы (более $1000-2000$ мг/м³ в слое 0-100 м) фитопланктона, а минимальные (менее 500 мг/м³) — в зонах с антициклонической завихренностью (рис.1.5). Кроме того, менее богатые фитопланктоном участки располагались севернее отдели Фрам и залива Прюде, где отмечались устойчивые промысловые скопления криля (15).

Пространственное распределение перидиней в обследованном районе тоже было связано с геострофической циркуляцией вод, хотя в некоторых случаях эта связь проявлялась не так четко, как у диатомового планктона. Причем летом 1979 г., по сравнению с тем же периодом 1978 г., они не образывали мощных локальных скоплений: численность колебалась в пределах $0,6-6,0$ млн.кл/м³, а биомасса — от $1,9$ до $49,8$ мг/м³ в слое 0-100 м. Районы с повышенной биомассой зарегистрированы вдоль материкового склона (5-38 мг/м³) и между $64-65^{\circ}$ ю.ш. ($37-20$ мг/м³). Самая высокая численность (6 млн.кл/м³ перидиней) встречена у побережья Антарктиды — на 60° в.д. На остальной акватории эти водоросли были равномерно распределены (рис.1.6).

Таким образом, в результате исследований, проведенных в 1977-1979 гг. в индоснежанском секторе Антарктики в летне-осенние месяцы, установлено, что характер распределения фитопланктона теснейшим образом связан с геострофической циркуляцией вод, которая в свою очередь формируется под влиянием атмосферных циклонов и орографического фактора. Высокопродуктивные фитопланктоном воды, сравнимые по уровню развития с зонами апвеллингов, занимают не огромные пространства, как считалось ранее, а сравнительно ограниченные акватории: вдоль побережья Антарктиды (особенно в заливе Прюде), периферии циклонических круговоротов, наблюдаемых в зоне антарктической дивергенции, а также в северо-восточной части — над поднятиями дна с циклонической завихренностью вод.

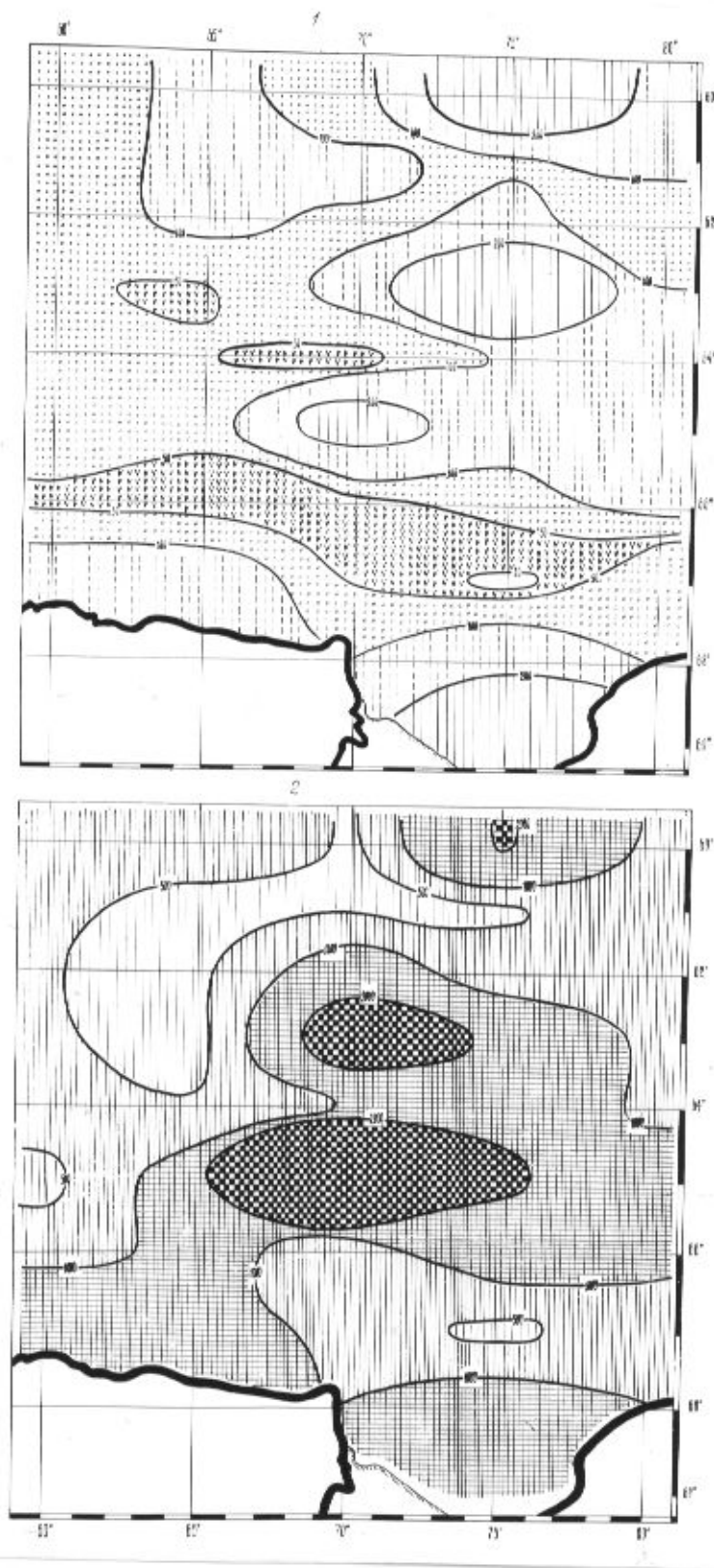


Рис.1.5. Распределение численности (Ч, млн.кл/м³) и биомассы (Б, мг/м³) всего фитопланктона в слое 0-100 м в феврале 1979 г.

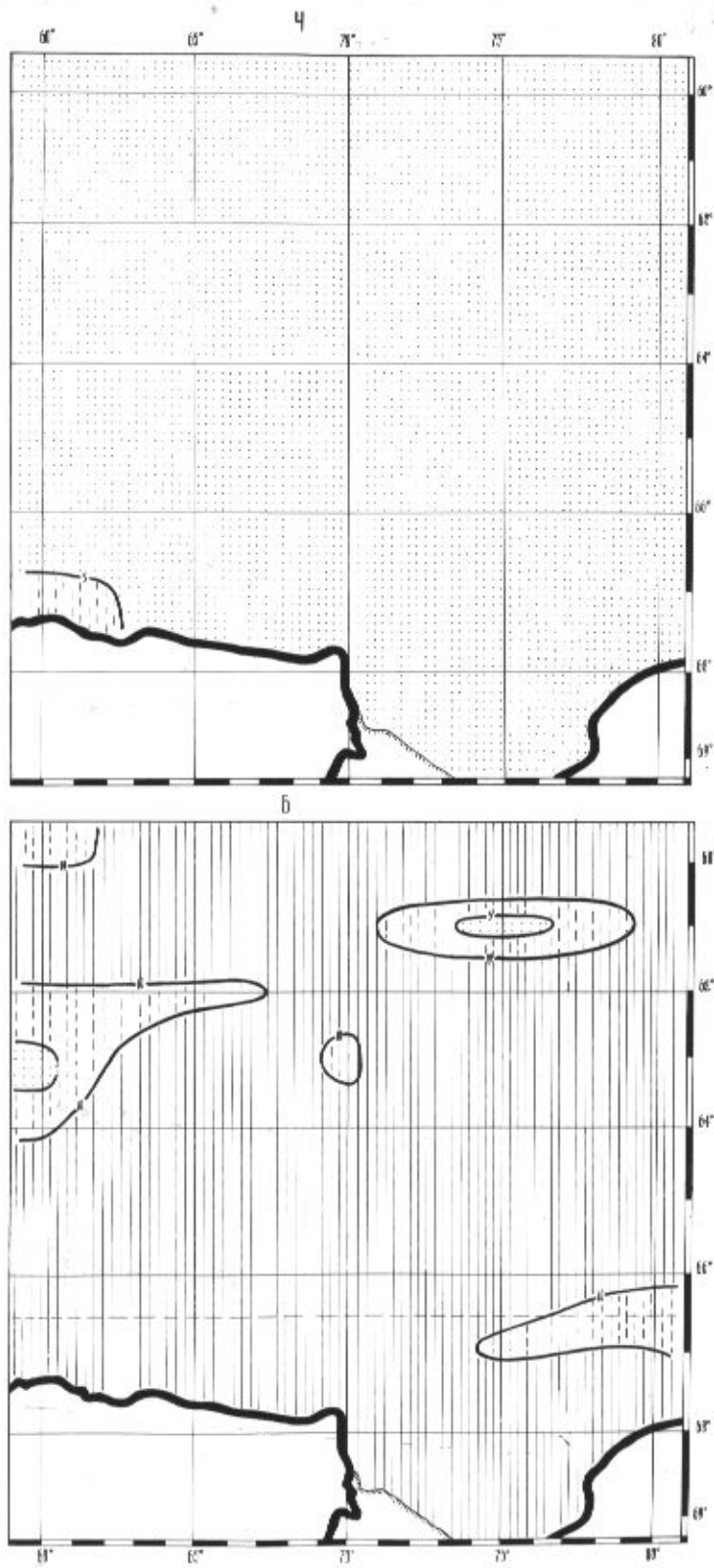


Рис.1.6. Распределение численности (Ч , млн.кл./м³) и биомассы (Б , мг/м³) меридиан в слое 0-100 м в феврале 1979 г.

Распределение фитопланктона по среднемноголетним данным

Для изучения особенностей распределения фитопланктона в каждом отдельном году необходимо располагать данными по средне-многолетней изменчивости продуктивных зон, когда случайные флуктуации сведены до минимума. Следует отметить, что надлежащей оценки продуктивности в многолетнем аспекте в индоокеанском секторе Антарктики не проведено из-за отсутствия необходимых для этого материалов. В данном случае эта оценка дается на основании четырехразовых наблюдений. Исключение составляют два восточных разреза по 85 и 90° в.д., где имеются всего лишь одноразовые сборы растительного планктона.

Согласно многолетним наблюдениям в индоокеанском секторе Антарктики наиболее продуктивной является прибрежная зона юго-западной части моря Содружества (между 60-65° в.д.) и залив Прюда, где среднемноголетняя биомасса соответственно равнялась 1458 и 1142 мг/м³ в слое 0-100 м (рис. 1.7). В океанической области (между 65-63° ю.ш.) - зоне антарктической дивергенции, представляющей собой ряд чередующихся циклонических и антициклонических круговоротов (9) выделяется два богатых фитопланктоном участка с биомассой 1219-1930 мг/м³, приуроченных, как указывалось выше, к периферии циклонической завихренности. Также небольшая по размеру продуктивная зона (биомасса равнялась 1011 мг/м³) располагалась на северо-востоке, где отмечалась возвышенность с глубиной 259 м (рис. 1.7). Можно полагать, что вокруг нее образуется циклоническая циркуляция вод. Кроме того, богатая (1570 мг/м³) фитопланктоном зона наблюдалась на периферии циклонического круговорота, существующего над плато Банзара. И, наоборот, бедные растительным планктоном участки отмечались в зонах с антициклонической завихренностью и в тех местах, где были обнаружены плотные концентрации криля - основного потребителя фитопланктона.

Таким образом, по полученным осредненным данным, в исследованном районе выделяются стационарные продуктивные зоны, причем более устойчивые они во все годы наблюдений вблизи побережий и над поднятиями. В зоне антарктической дивергенции из-за неустойчивости атмосферных явлений, приводящих к существенным изменениям гидроструктуры, величина и местоположение богатых растительным планктоном участков испытывают временную изменчивость.

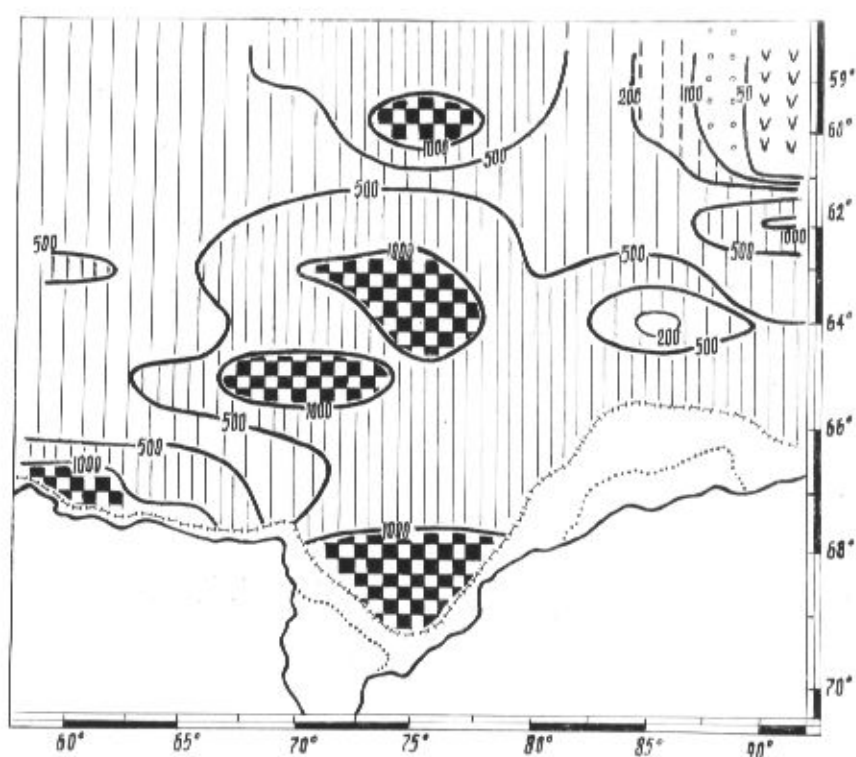


Рис.1.7. Распределение среднегодовой биомассы ($\text{мг}/\text{м}^3$) всего фитопланктона в слое 0-100 м в 1977-1979 гг.

Вертикальное распределение фитопланктона

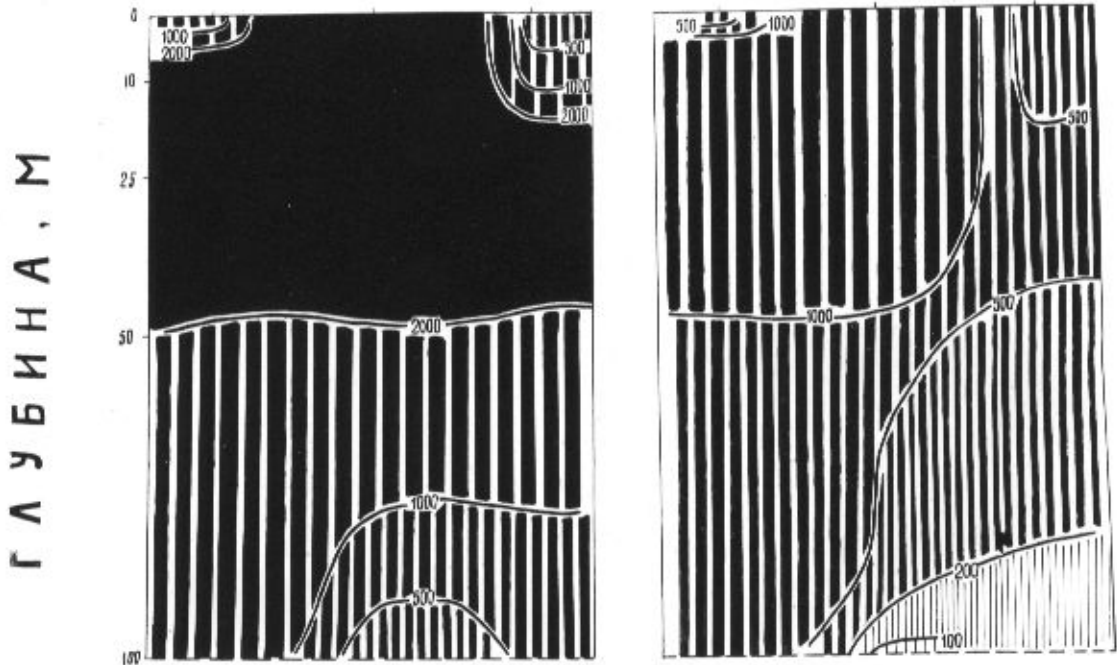
Распределение фитопланктона в толще определяется многими факторами, из которых наиболее существенными для антарктической области являются освещенность, глубина расположения основного пикноклина (I6), устойчивость водных слоев (I7) и интенсивность потребления растительных клеток животным планктоном. Согласно литературным данным в индоокеанском секторе Антарктики максимальная численность и биомасса фитопланктона находится в верхнем 50-75 метровом слое (2). Причем резкое сокращение численности диатомового планктона начинается с глубины 100 м (III).

Полученные нами материалы позволяют выявить специфику вертикального распределения фитопланктона в верхнем 100-метровом слое в пределах одного сезона в различные годы. Последнее рассматривается на примере меридионального разреза по 75° в.д., на юге пересекающего залив Прюде, а на севере — плато Банзара.

В феврале 1977 г. в заливе Прюде температура поверхностного слоя, толщиной около 20-30 м, в результате летнего прогресса и таяния льда повышается до +1,43-2,06°С. Соленость, наоборот, понижается до 33,6‰ (III). Четко выраженный скачок температуры и солености оказывали существенное влияние на вертикальное распределение растительных клеток. Их максимальная численность (2672,0 - 3511,0 млн.кл/м³) и биомасса (4253-6663 мг/м³) располагались, как правило, над слоем скачка, т.е. в слое, который характеризовался самой высокой вертикальной устойчивостью. Ниже его количество фитопланктона в заливе оставалось высоким, а особенно на самой прибрежной станции; численность колебалась от 66,0 до 662,0 млн.кл/м³, а биомасса — от 217 до 1888 мг/м³ (рис. I.8). По-видимому, проникновение планктонных водорослей глубже обычного слоя термоклина (20-30 м), где наблюдались высоко соленые и предельно охлажденные воды, связано антициклонической циркуляцией вод, с одной стороны предотвращающей диффузию клеток в горизонтальной плоскости, с другой — приводящей к их опусканию на большие глубины.

В пределах богатого фитопланктоном слоя выделяются участки на юге и севере залива, характеризующиеся сравнительно низкой численностью (менее 500 млн.кл/м³) и биомассой (менее 500 мг/м³) планктонных водорослей. По нашему мнению это объясняется выеданием на юге растительных клеток салпыми, а на севере — крилем, встречающимися здесь в больших количествах (10).

Вертикальное распределение биомассы и численности фитопланктона в заливе Пруде в феврале 1977 г. — данные 1976 г. и в марте 1977 г. (табл. 1.8). В феврале 1976 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей. В марте 1977 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей. В марте 1977 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей.



Биомасса фитопланктона (табл. 1.8) в заливе Пруде характеризовалась наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей. В марте 1977 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей.

Вертикальное распределение фитопланктона по численности в заливе Пруде в феврале 1977 г. и в марте 1977 г. (табл. 1.8). В феврале 1977 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей. В марте 1977 г. в заливе Пруде наблюдался типичный для зимы фитопланктонный состав, который характеризовался наличием в основном диатомовых водорослей и зеленых водорослей.

Рис. 1.8. Вертикальное распределение биомассы (Б) и численности (Ч) фитопланктона в заливе Пруде в феврале 1977 г.

Вертикальное распределение фитопланктона по 75 меридиану в декабре 1977 г. — январе 1978 г. и в марте 1978 г. имело свои особенности, обусловленные флюктуациями океанографического режима. В начале летнего сезона высокие концентрации фитопланктона в 50-метровом слое наблюдались в северной части разреза между 59-64° ю.ш. (рис. I.9). Причем характерным было образование мощных "ядер" биомассы (более 2000 мг/м³), обусловленных крупными диатомеями из рода *Rhizosolenia* в слое 25-50 м, а также на глубине 100 м, где увеличение биомассы (600-1692 мг/м³) происходило за счет перидиней из рода *Peridinium* (рис. I.9). Появление этих водорослей в таких огромных количествах на глубине 100 метров является подтверждением поступления теплых глубинных вод (субтропического происхождения). На 65-67° ю.ш. трофический слой оказался ограничен 25-метровой, а у самого берега — 50-метровой глубиной (рис. I.9). Подобное распределение фитопланктона соответствовало расположению слоя скачка, нижняя граница которого изменялась от 20-30 м южнее 65° ю.ш. до 40-50 м в северной части разреза (I2).

Представлялось интересным выяснить сезонные изменения в вертикальном распределении фитопланктона, которые можно проследить при сопоставлении данных по этому разрезу (75° в.д.), полученных с разрывом более двух месяцев (28.12.77 г. — 01.01.78 г. и 14-20.03.78 г.). Как указывалось выше, в начале осеннего периода на разрезе по 75 меридиану произошло понижение уровня развития фитопланктона (биомассы в 2, а численности — в 7 раз), что несомненно, является результатом завершения вегетационного сезона. В вертикальной плоскости, на фоне снижения количества планктонных водорослей, наблюдалось сравнительно равномерное их распределение с образованием, как и в начале летнего сезона, небольшой плотности "ядер" в северной части разреза между 59-64° ю.ш., обусловленных диатомеями (более 500 мг/м³) и перидиниями из рода *Peridinium* (более 1000 мг/м³). В заливе Прюде фитопланктон равномерно распределялся в слое 0-100 м (рис. I.9).

Вышеотмеченное распределение фитопланктона по вертикали логично согласуется с гидрологической структурой — мощность прогреваемого слоя в марте увеличилась до 50-75 м. Исключение составляет южная часть залива Прюде, где в 100-метровой толще прослеживались холодные воды (от 1,12 до 1,51°С), близкие к температуре замерзания (I3).

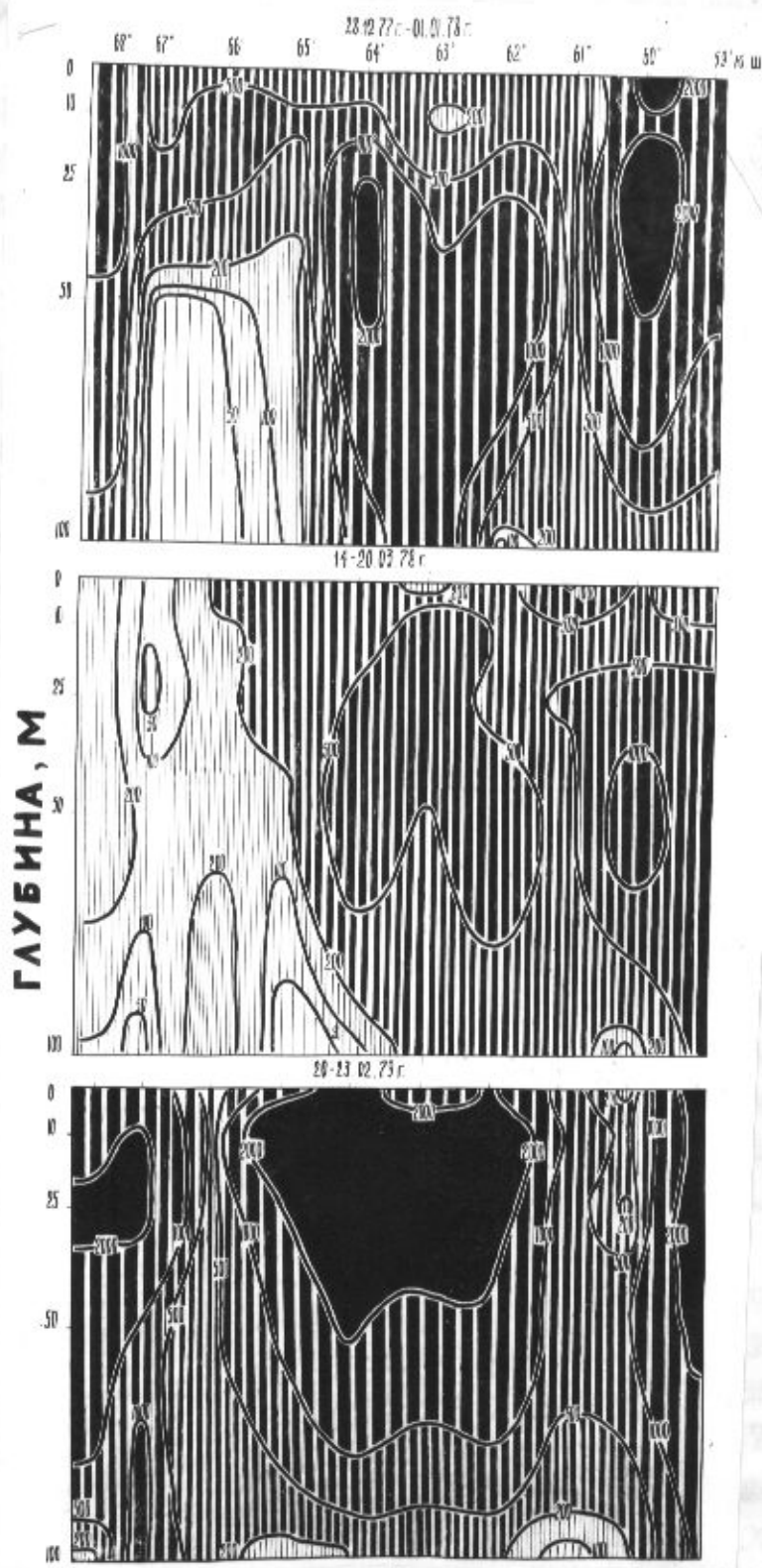


Рис. I.9. Вертикальное распределение биомассы (мг/м^3) фитопланктона в летне-осенние месяцы 1977-1979 гг.

Сходное распределение растительного планктона зафиксировано в феврале 1979 г., когда толщина верхнего однородного слоя составляла 30-50 м, увеличиваясь к северу от разреза (15). Только южнее 66° ю.ш. (в заливе Прюде) слой скачка температуры практически отсутствовал (температура была близка к точке замерзания). То есть значения температуры и характер ее распределения по вертикали в летний сезон 1978 и 1979 гг. соизмеримы. Это подтверждается также распределением фитопланктона, концентрирующегося, как правило, в 50-метровом слое между 64-59° ю.ш. В заливе Прюде небольшие плотные "ядра", создаваемые крупными диатомеями *Cocconeis cribrillum*, *Phaeoedemia alata* f. *incerta* и др., отмечались на глубине 25 м (более 2000 мг/м³) и 100 метров (более 1000 мг/м³). Летом 1978 г., как и в тот же период 1979 г., плотное "ядро" прослеживалось в центральной части разреза за счет развития *Ph. hebetata* f. *semispina* и *Dactyliosolen antarctica* а также на самой северной станции (здесь преобладали по массе *Ph. antarctica*, *Dactyliosolen antarctica*, *Fragilariaopsis ovata*, *F. umbica* sp. n.).

Таким образом, анализ вертикального распределения фитопланктона в различные месяцы одного года, а также одного и того же месяца различных лет подчиняется одним и тем же закономерностям. А именно, наличие сезонного термоклина и глубина его залегания является основным фактором, определяющим распределение фитопланктона в слое 0-100 м. По полученным данным на 75 меридиане глубина залегания летнего пикноклина ограничивает зону интенсивного развития фитопланктона горизонтом 50 метров, а на некоторых станциях - горизонтом 100 метров. Установлена квазистационарность богатых фитопланктоном зон в вертикальной плоскости.

В ы в о д ы

1. Фитопланктон индоокеанского сектора Антарктики в 1977-1979 гг. был предоставлен 204 видами и разновидностями. По числу видов доминировали диатомовые (138 видов или 67,7%) и перидиниевые (63 вида или 30,9%). Остальные отделы (золотистые и синезеленые) включали в себя 3 вида (1,4% от общего числа).

2. Уровень развития фитопланктона в различные годы был неодинаковым. Ниже среднееголетнего уровня, равного 636 мг/м³ в слое 0-100 м, развивался растительный планктон в летне-осенние месяцы 1977 и 1978 гг. Максимальная вегетация фитопланктона отмечалась в феврале 1979 г.

3. Высокопродуктивные фитопланктоном воды, сравнимые по уровню развития с зонами апвеллингов, занимают не огромные пространства, а сравнительно ограниченные акватории: вдоль побережья Антарктиды (особенно в заливе Праде), периферии циклонических круговоротов, наблюдаемых в зоне антарктической дивергенции, а также в северо-восточной части — над поднятиями дна с циклонической завихренностью вод. Причем устойчивые продуктивные зоны во все годы наблюдений зарегистрированы вблизи побережий и над поднятиями. В зоне антарктической дивергенции из-за неустойчивости гидроструктуры, величина и местоположение богатых растительным планктоном участков испытывают временную изменчивость.

4. Глубина залегания летнего пикноклина ограничивает зону интенсивного развития фитопланктона горизонтом 50 метров, а на некоторых станциях — горизонтов 100 м. Причем характерным было образование мощных "ядер" биомассы в слое 25-50 м.

2. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ, ПРОДУКЦИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ВЗВЕШЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО РАЙОНА МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

Сбор материалов осуществлялся в период океанологической съемки в январе 1980 г. в 15 рейсе НПС "Скиф" на акватории, ограниченной 60-80° в.д. и 60° ю.ш. — кромка льда на юге.

Отбор проб воды для определения первичной продукции и продукции бактериопланктона производился на комплексных океанологических станциях винипластовым батометром в первой половине светового дня.

Определение уровня продукции фитопланктона производилось радиоуглеродным методом в модификации Менцеля. Отбор проб производился с горизонтов, соответствующих 100, 50, 25 и 10 и 1% от освещенности на поверхности. Пробы с фитопланктоном экспонировались в баке-аквариуме с соответствующими светофильтрами с астрономического полдня до захода солнца.

Измерение продукции бактериопланктона производилось радиоуглеродным методом в модификации Сорокина. Отбор проб производился с горизонтов, соответствующих 100, 25 и 1% от освещенности на поверхности. Экспозиция проб с бактериопланктоном осуществлялась в течение суток.

Сбор взвеси осуществлялся на всех океанологических станциях однолитровым батометром Нансена с глубин 0, 10, 25, 50 и 100 м (т.е. там же, где обычно производится сбор проб фитопланктона). Взвесь осаждалась на предварительно взвешенные (при доведении до постоянного сухого веса) беззольные фильтры "Синпор" № 2 с диаметром пор 2,5 микрон. Взвешивание осуществлялось на весах АДВ-200 с точностью до 0,1 мг. По разнице между весом фильтра со взвесью и начальным весом фильтра определялся вес взвеси. В последующем фильтр со взвесью сжигался в пламени и озолялся в муфельной печи при $t = 900^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов. По разнице между весом взвеси и весом золы определялось количество органического вещества. Для исключения ошибок в определениях за счет возможного наличия золы в фильтре произведены контрольные озеления 15 фильтров без взвеси. В результате установлено, что содержание золы в фильтрах ничтожно, находится за гранью точности весов (менее 0,01%) и его влиянием можно пренебречь.

Первичная продукция (ПП). По уровню ПП исследованный район в целом можно отнести к мезотрофным районам: среднее значение ПП для фотического слоя составило $310 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сутки}^{-1}$. На экватории выделяются три зоны с повышенной ПП - центрально-западная, центрально-восточная и северо-восточная (рис.2.1). Максимальная величина ПП в первой достигает более 690, во второй - 570, в третьей - $635 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сутки}^{-1}$.

Продукция бактериопланктона (ПБ). Средняя величина ПБ на исследованной экватории для фотического слоя составила $2875 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сутки}^{-1}$, или около $30 \text{ мг с}\cdot\text{м}^{-3}$, или около $300 \text{ мг сырого веса}\cdot\text{м}^{-3}$. Она оказалась соответствующей для высокопродуктивных прибрежных вод тропической зоны океана (18) и лишь вдвое ниже высокопродуктивных вод пресных озер (31).

Выделяются две зоны с наиболее высокой ПБ (рис.2.2): зона, ограниченная $60-65^{\circ}\text{ю.ш.}$ и $62-72^{\circ}\text{в.д.}$, где максимальное значение ПБ составило $5760 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сутки}^{-1}$, и зона, ограниченная $62-65^{\circ}\text{ю.ш.}$ и $72-87^{\circ}\text{в.д.}$, где максимальное значение ПБ составило $3960 \text{ мг с}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сутки}^{-1}$.

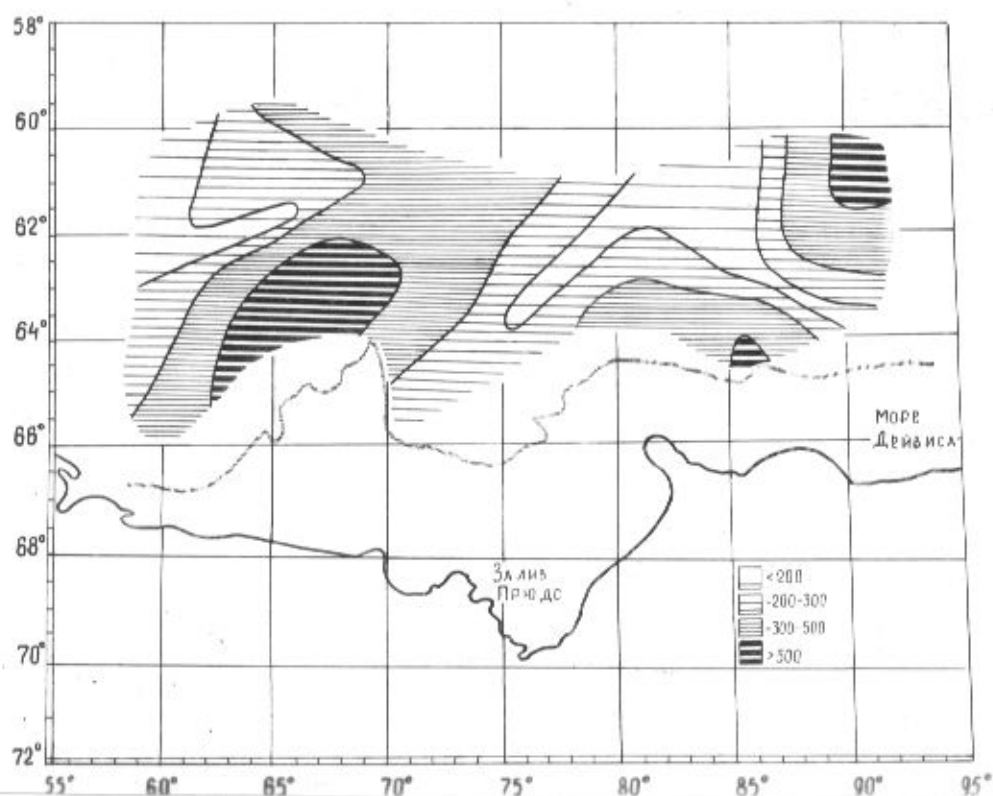


Рис. 2.1. Суточная величина первичной продукции в $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{сутки}^{-1}$ в январе 1980 г.

Рис. 2.1. Суточная величина первичной продукции фитопланктона в Бarentсовом море в январе 1980 г. (единица измерения $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{сутки}^{-1}$).

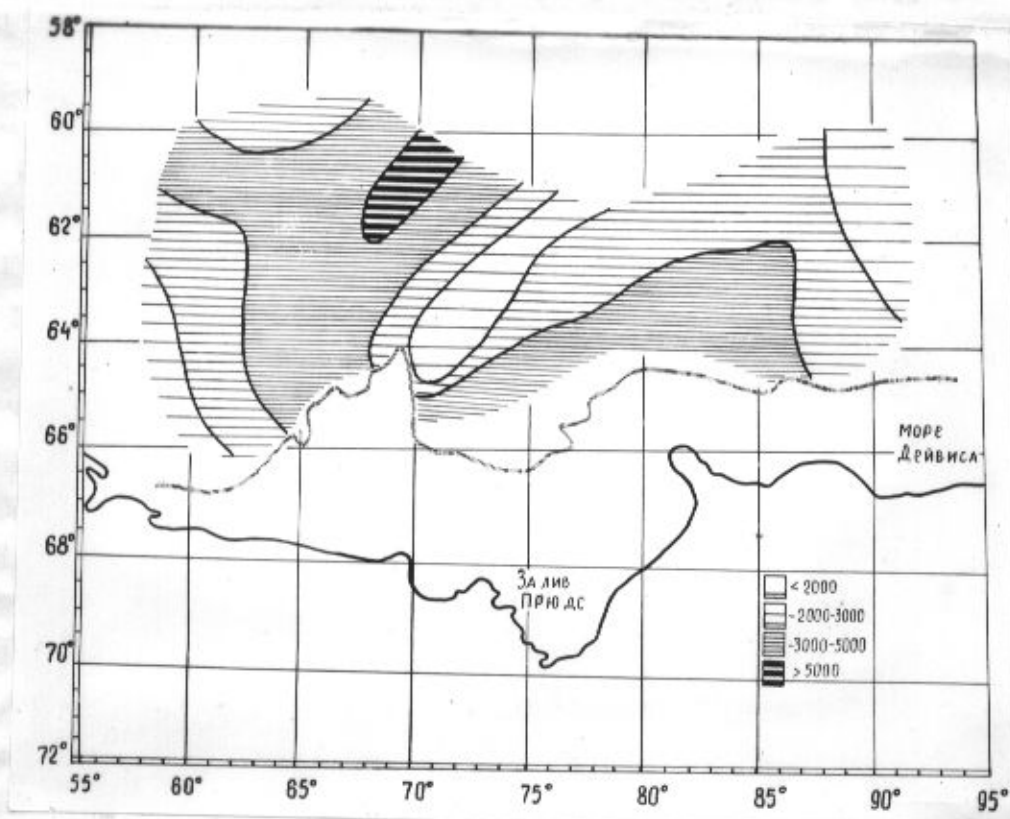


Рис.2.2. Суточная величина продукции бактериопланктона в фотическом слое в $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ (январь 1980 г.).

Взвешенное органическое вещество (ВОВ). Содержание общей взвеси на акватории в слое 0-100 м (средневзвешенная величина) колебалась в пределах 3,3-4,6 мг/л (в сухом весе), составив в среднем 4,0 мг/л. Содержание в ней органического вещества было различным - от 28,0 до 64,0%. Среднее содержание ВОВ во взвеси составило 50,0%, или 1,97 мг/л. Эта величина, характерная для высокопродуктивных вод, сходна с полученной нами для данного района в 1977 году (19).

Распределение общей взвеси и ВОВ на акватории в целом было сходным (рис. 2.3, А, Б). Их высокие концентрации обнаруживались на обширной западной половине акватории (с максимумом на северо-западе) и в северо- и юго-восточной перифериях района.

Как видно из вышеизложенного, в распределении величин ПП, ПБ и ВОВ на акватории много общего. Причина этого сходства легко объясняется при сопоставлении приведенных данных с полем геострофических течений в исследованный период (20). Максимальные значения ПП, ПБ и ВОВ наблюдались в зонах мощных антициклонических вихрей. Последний особенно ярко выражен в обширной северо-западной части, охватывая акваторию в пределах $60-64^{\circ}$ ю.ш. $60-72^{\circ}$ в.д. Мощный ток в восточном направлении, создающийся под воздействием этого антициклона с циклоном, расположенным на юге антициклонической зоны, приводит к зональному переносу (на восток) и компонентом сестона, в связи с чем наиболее продуктивные участки оказываются в целом вытянутыми с запада на восток, занимая обширную площадь. При попадании в центральную и восточную части, где поле течения характеризуется большей неоднородностью, компоненты сестона подвергаются перераспределению, и их распределение становится менее "закономерным", более хаотичным. Интересно, что наиболее высокий процент отмечен в зонах антициклонов, наименьшее количество - в центральном участке трансформации взвеси в течении.

Таким образом, по значениям ПП исследованный район может быть отнесен к среднепродуктивным, по значениям ПБ и ВОВ - к высокопродуктивным. Распределение изученных компонентов сестона хорошо согласуется с полем течений, их максимальные значения в районе исследования обусловлены влиянием аккумулирующего эффекта антициклонического круговорота вод.

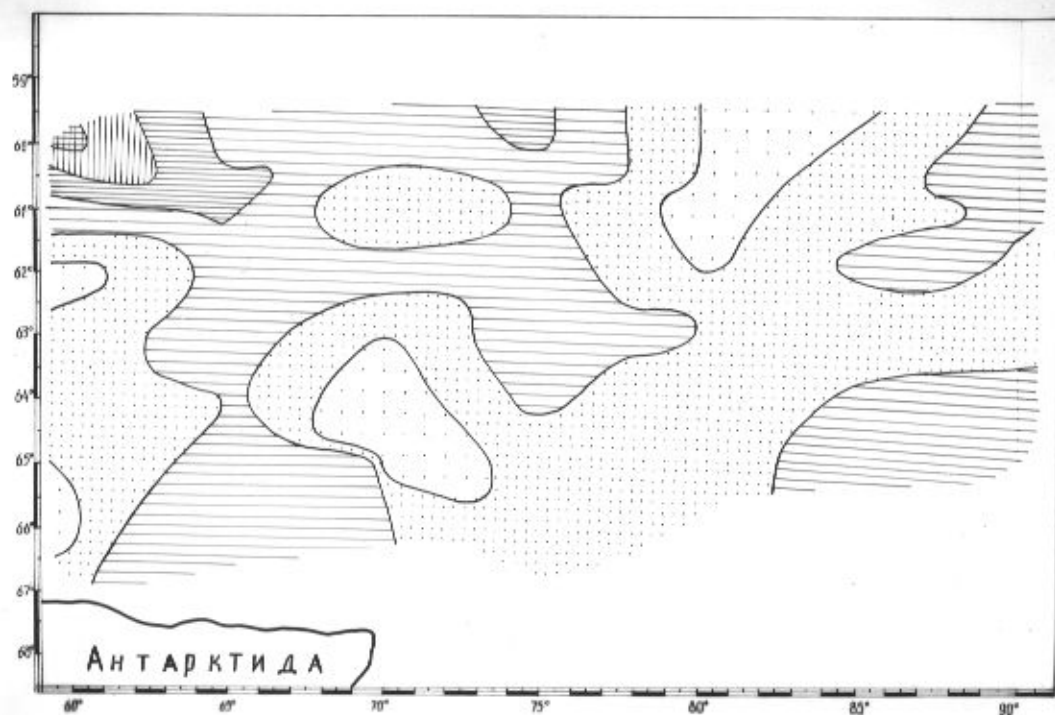
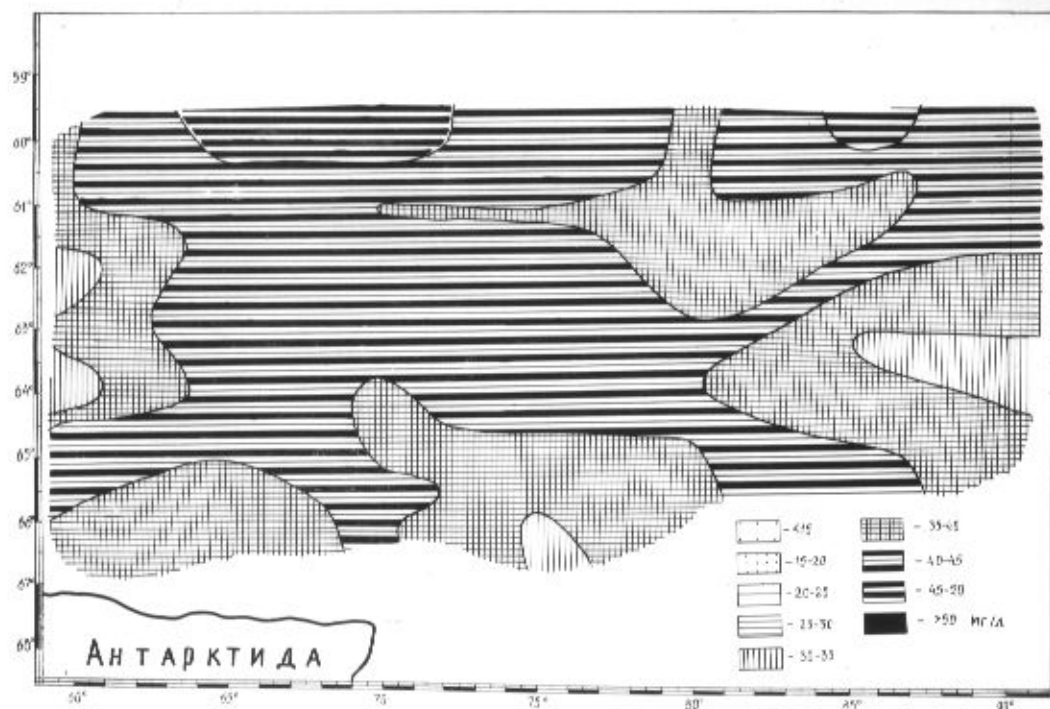


Рис.2.3. Распределение общей взвеси (А) и ВОВ (Б) в слое 0-100 м (мг сухого веса на 1 л).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛАНСОВЫХ ВЕЛИЧИН РАЦИОНА У КРИЛЯ И НЕКОТОРЫХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЗООПЛАНКТЕРОВ

Определение скорости потребления кислорода гидробионтами на разных стадиях роста и развития (*E. superba*, *S. parvulus*, *Rh. gigas*) производилось с помощью оксиметров Кляшторина в респирометрах объемом 1 литр.

Определение прироста и неувоенной части пищи у криля различных возрастных групп производилось радиоуглеродным методом Сорокина. Служившая кормом диатомовая водоросль *Soeltonella* культивировалась в меченой радиоактивным углеродом питательной среде Гольдберга. Концентрация корма определялась весовым методом. При определении прироста криля животные высушивались, растирались и затем приготавлилась взвесь, десятая, пятая часть которой или вся взвесь полностью (в зависимости от размеров криля) осаждалась на фильтры. Радиоактивность взвеси на фильтрах определялась с помощью торсионных счетчиков СТБ-13.

Суточные траты на обмен у зоопланктеров. При определении суточных трат на обмен у криля и других массовых зоопланктеров Антарктики мы ставили перед собой три основные задачи:

- 1) определить адаптационный период (если таковой существует) зоопланктеров к условиям опытов;
- 2) выявить суточную ритмику биологической активности животных;
- 3) определить суточные траты зоопланктеров на обмен и по возможности получить зависимость уровня обмена от массы тела животных.

Опыты по определению адаптационного периода у криля (рис. 3.1), позволили установить, что:

1) адаптационный период у ^{животных} различных размерно-возрастных групп равен 12-15 часам;

2) сам характер адаптации в различных опытах с различными группами криля оказался весьма неодинаковым.

На рис. 3.1 изображены наиболее часто встречающиеся типы адаптации криля к условиям опыта (причем условия опытов во всех случаях были примерно одинаковыми). В случае "а" наблюдается очень высокое потребление кислорода животными, почти в девять раз превышающее среднесуточное потребление. Затем происходит постепенное

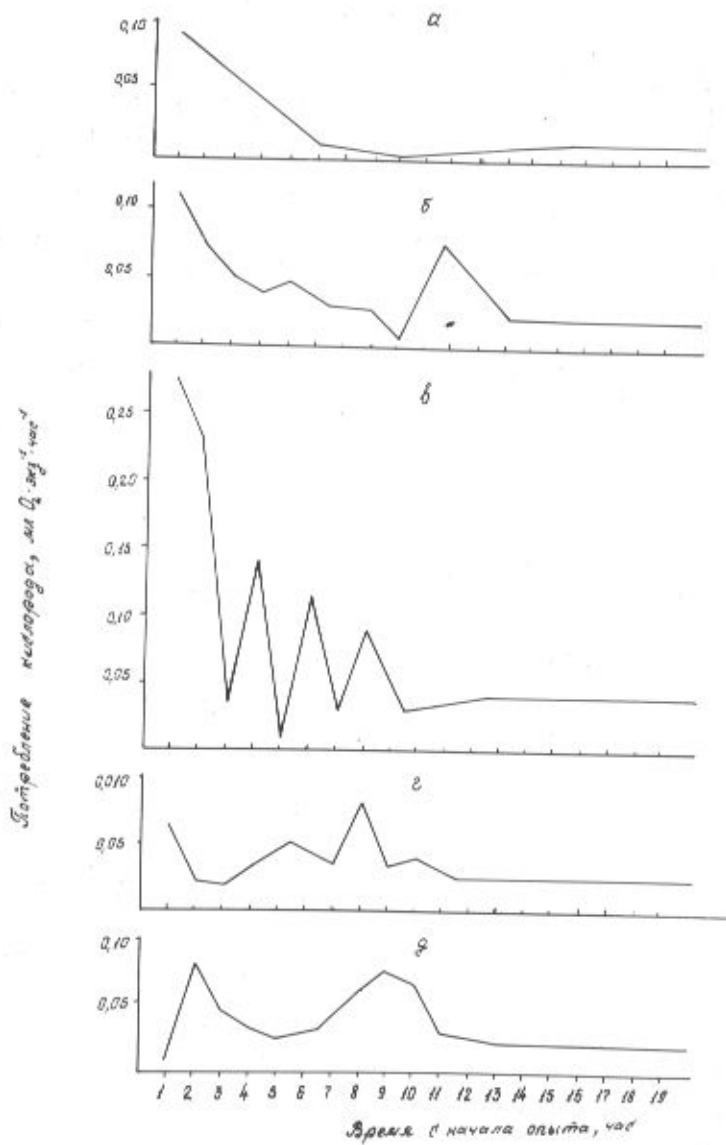


Рис.3.1. Наиболее характерные типы изменения обмена крыла в процессе акклиматизации к условиям опытов.

понижение потребления кислорода и через 15 часов не наблюдается видимых "всплесков" интенсивности обмена под влиянием стресса, что позволяет считать акклиматизацию животных к условиям опыта завершенной. В случае "б" кроме высокого потребления животными кислорода в первые часы опыта и последующего его снижения наблюдалось резкое повышение потребления через 10 часов с начала опыта, т.е. во второй половине адаптационного периода ("вторичный всплеск"). В некоторых случаях величина "вторичного всплеска" не превышает величину потребления кислорода животными в начальный период опыта (например, в случае "б"), а в иных ("г", "д") может достигать или превышать ее. В случае "г" в процессе адаптации происходят колебания потребления кислорода с затухающей амплитудой. В случае "д" довольно низкое потребление кислорода в первый час опыта сменяется резким и значительным повышением потребления кислорода во второй час опыта, затем — постепенным снижением потребления и заканчивается процесс адаптации "вторичным всплеском".

Разнообразие характеров процесса адаптации животных к условиям опытов объясняется, по-видимому, различным физиологическим состоянием различных групп животных, участвовавших в опытах.

Ритмика потребления кислорода взрослыми животными в течение суток изображена на рис. 3.2. Максимумы суточной активности как у крыля, так и у копецод в январе приурочены к ночным часам (23-00 — 01-00 у крыля и 01-00 — 03-00 — у копецод), а в феврале — к дневным часам (13-00 — 15-00 — у крыля и 11-00 — 13-00 — у копецод).

Суточные траты на обмен у крыля при температуре 0°C в зависимости от массы тела составили от 2,88% (у экземпляров массой тела 7,65 мг С.экс⁻¹ и длиной тела 16 мм) до 0,27% (у экземпляров массой тела 120,8 мгС и длиной тела 50 мм). Зависимость уровня обмена крыля от массы тела выразилась степенной функцией (рис. 3.3.а);

$$T = 11,08 W^{-0,777}, \text{ где}$$

T — суточные траты на обмен в % от массы тела животных,

W — масса тела животных в мгС.экс⁻¹

у *Salanus proterodius* суточные траты на обмен составили при температуре +5,2°C 38,7% у животных массой тела 0,0143 мгС.экс и длиной 1,63 мм, 88% — у животных массой тела

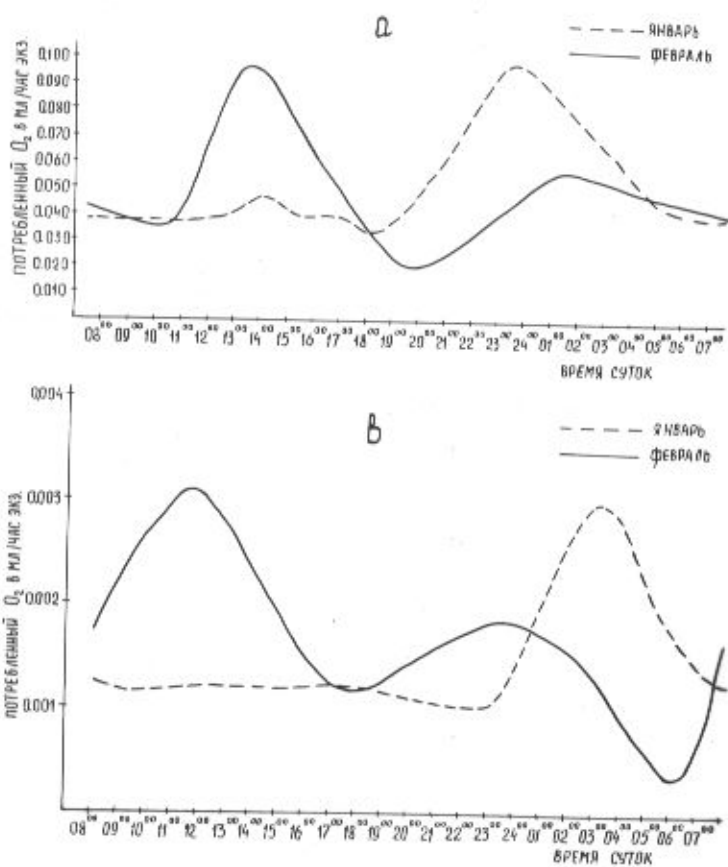


Рис. 3.2. Суточная ритмика биологической активности взрослых животных: а - крабь, б - копеподы (по средним значениям обмена *S. procerius* и *Ph. gigas*).

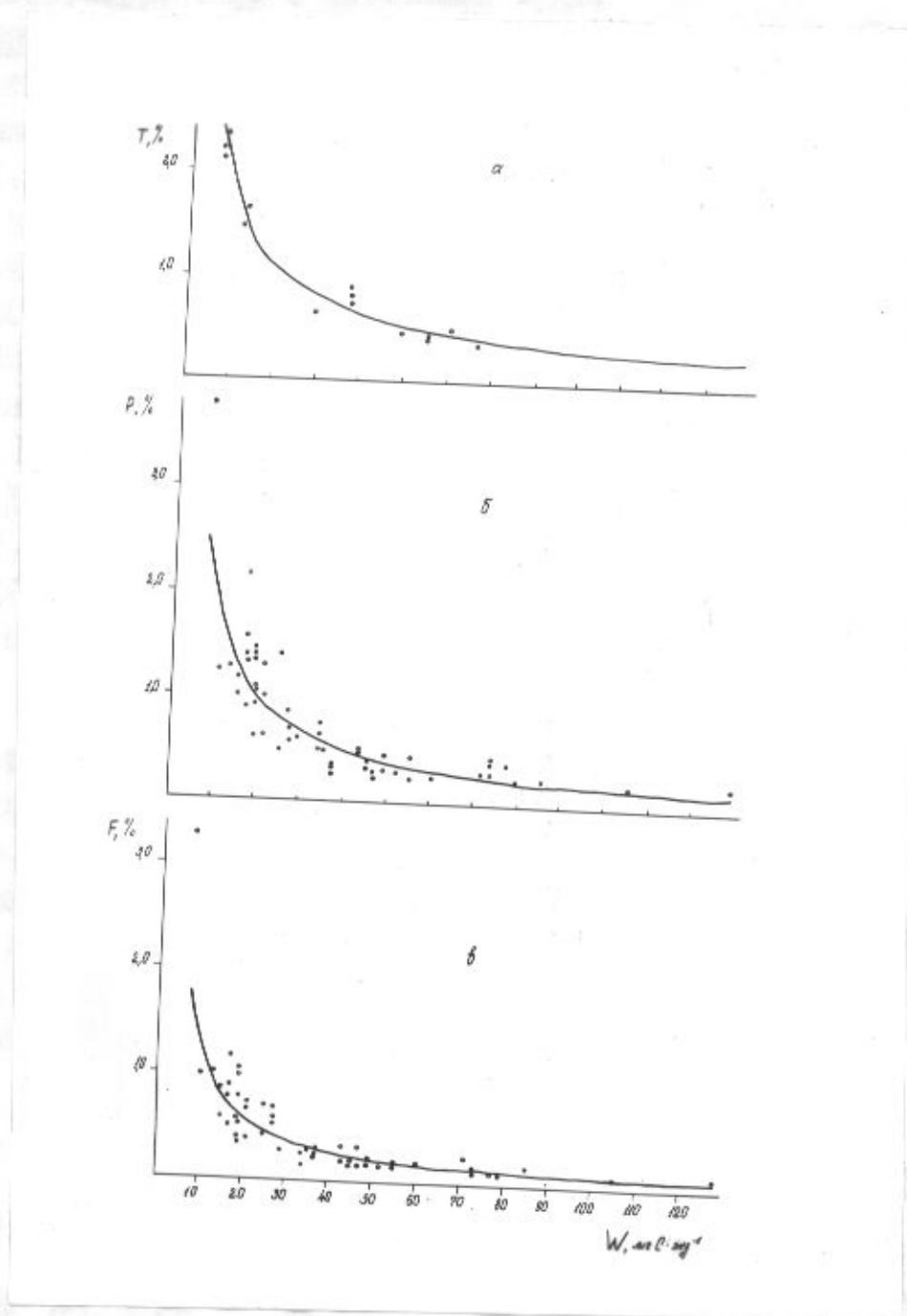


Рис.3.3. Зависимость суточных трат на обмен (а), прироста (б) и неусвоенной части пищи (в) у крика от массы его тела.

0,0970 мгС.экз⁻¹ и длиной тела 3,13 мм и 1,43% — у животных массой тела 0,1830 мгС.экз⁻¹ и длиной тела 3,90 мм.

У взрослых форм *Rhin-salanus gigas* массой тела 0,258 мгС.экз⁻¹ и длиной тела 6,87 мм суточные траты на обмен при температуре +4,6°C составили 8,3%.

Определение балансовых величин рациона криля. Опыты с применением радиоуглеродной методики по определению прироста и неувоенной части пищи криля дали следующие результаты.

1. Время прохождения пищи у различных размерно-возрастных групп криля по желудочно-кишечному тракту составило у животных с сырой массой тела 70-150 мг — 3,0-3,5 часа, 200-400 мг — 4 часа, 500-1000 и более мг — около 5 часов.

Последняя величина для животных массой тела 500-1000 мг получена ранее и в II-12 рейсе НПС "Скиф" (19).

2. Максимальный суточный прирост криля (при концентрации корма 10 мг.л⁻¹, и $t = 0^{\circ}\text{C}$) составил от 2,48% у животных массой тела 7,65 мгС.экз⁻¹ и длиной 16 мм до 0,16% у животных массой тела 120,8 мгС.экз⁻¹ и длиной 50 мм. Зависимость суточного прироста от массы тела криля выразилась степенной функцией (рис.3.3.б):

$$P = 18,38 W^{-0,9837}, \text{ где}$$

P — суточный прирост криля в % от массы тела

W — масса тела животных в мгС.экз⁻¹.

3. Неувоенная часть потребляемого крилем за сутки корма составила от 1,78% у животных массой тела 7,65 мгС.экз⁻¹ и длиной 16 мм до 0,086% у животных массой тела 120,8 мгС.экз⁻¹ и длиной 50 мм. Зависимость величины неувоенной части корма от массы тела животных выразилась степенной функцией (рис.3.3,в):

$$F = 16,60 W^{-1,0976}, \text{ где}$$

F — неувоенная часть потребленного крилем корма за сутки в % от массы тела животных

W — масса тела животных в мгС.экз⁻¹.

Суммируя рассчитанные по полученным формулам значения прироста неувоенной части корма и траты на обмен, мы получим значения суточного рациона для различных размерно-массовых групп криля. Как видно из табл.3.1, суточный рацион в зависимости от массы тела животных изменяется от 6,54% у животных массой тела 7,65 мгС.экз⁻¹ до 0,516% у животных массой тела 120,80 мгС.экз⁻¹.

Таблица 3.1

Балансовые величины рациона и расчетные значения рациона и энергетического коэффициента роста второго порядка у различных весовых групп куры

Масса тела (мгс. экв ^W -I)	Прирост Р (%)	Неусвоен- ная часть корма F (%)	Траты на обмен Т (%)	Рацион R (%)	K ₂
7,65	2,480	1,780	2,280	6,540	0,520
10,40	1,840	1,270	1,800	4,910	0,510
13,20	1,450	0,980	1,490	3,920	0,490
15,00	1,280	0,850	1,350	3,480	0,490
17,00	1,130	0,740	1,230	3,100	0,480
19,00	1,020	0,650	1,120	2,790	0,480
21,00	0,920	0,590	1,040	2,550	0,470
25,00	0,775	0,485	0,910	2,170	0,460
27,00	0,720	0,450	0,860	2,030	0,457
29,00	0,665	0,410	0,790	1,905	0,455
34,00	0,590	0,350	0,710	1,650	0,453
35,00	0,560	0,335	0,700	1,595	0,444
37,00	0,530	0,315	0,670	1,515	0,441
43,00	0,450	0,270	0,600	1,320	0,428
45,00	0,435	0,250	0,570	1,255	0,432
46,60	0,420	0,245	0,560	1,225	0,428
49,00	0,400	0,230	0,540	1,170	0,425
52,00	0,380	0,220	0,510	1,110	0,425
55,00	0,360	0,200	0,490	1,050	0,423
60,00	0,330	0,185	0,460	0,975	0,417
71,00	0,280	0,155	0,400	0,835	0,411
73,00	0,270	0,150	0,395	0,815	0,406
77,00	0,260	0,140	0,380	0,780	0,406
79,00	0,250	0,137	0,370	0,757	0,403
85,00	0,230	0,127	0,350	0,707	0,396
105,00	0,190	0,100	0,300	0,590	0,387
120,80	0,160	0,086	0,270	0,516	0,372

В этой же таблице приведены результаты расчета энергетического коэффициента роста второго порядка — K_2 , который с увеличением массы тела животных закономерно уменьшается от 0,520 у животных массой тела 7,65 мгС.экз⁻¹ до 0,372 у животных массой тела 120,80 мгС.экз⁻¹.

Таким образом, балансовые величины рациона у криля в онтогенезе изменяются по закону логарифмической функции, причем с возрастом животных соотношение между балансовыми величинами изменяется в сторону увеличения доли трат на обмен и уменьшения доли прироста, что хорошо проявляется в уменьшении коэффициента K_2 . В целом же по величинам обмена и рациона животные уступают (при приведении значений к одинаковой температуре) тепловодным формам. Обмен мезозоопланктов при проведении К 20°C близок к обмену тропических копепод при данной температуре.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА РОТОВЫХ ПРИДАТКОВ МАССОВЫХ ВИДОВ КОПЕПОД АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Настоящие исследования являются продолжением работ, начатых в 1979 году, целью которых было разделение антарктических *copepoda* на группы, различающиеся друг от друга способами добывания пищи по строению их ротовых придатков. Для получения более полной картины трофической структуры мы старались выбирать животных, принадлежащих к разным семействам. В данном отчете представлены краткие описания ротовых придатков рачков шести видов: *Heterorhabdus farkani* (сем. *Heterorhabdidae*); *Heterorhabdus farkani* (сем. *Heterorhabdidae*); *Lucicutia mactroscopa* (сем. *Lucicutiidae*); *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus* (сем. *Calanidae*); *Lacovitxanus antarcticus* (сем. *Leolecitricidae*); *Nauptilus oxycephalus* (сем. *Argaptidae*);
указан возможный способ питания.

Heterorhabdus farkani (рис. 4.1, У1, $l = 3,75$ мм)

Мандибулы. Представляют собой плавно изогнутые в продольном направлении пластинки с высокими и острыми зубцами на жующем крае. Высота зубцов достигает 100 микрон. Всего 4 зубца, ventральный очень массивный, чуть отстоит от остальных и резко изогнут в их сторону.

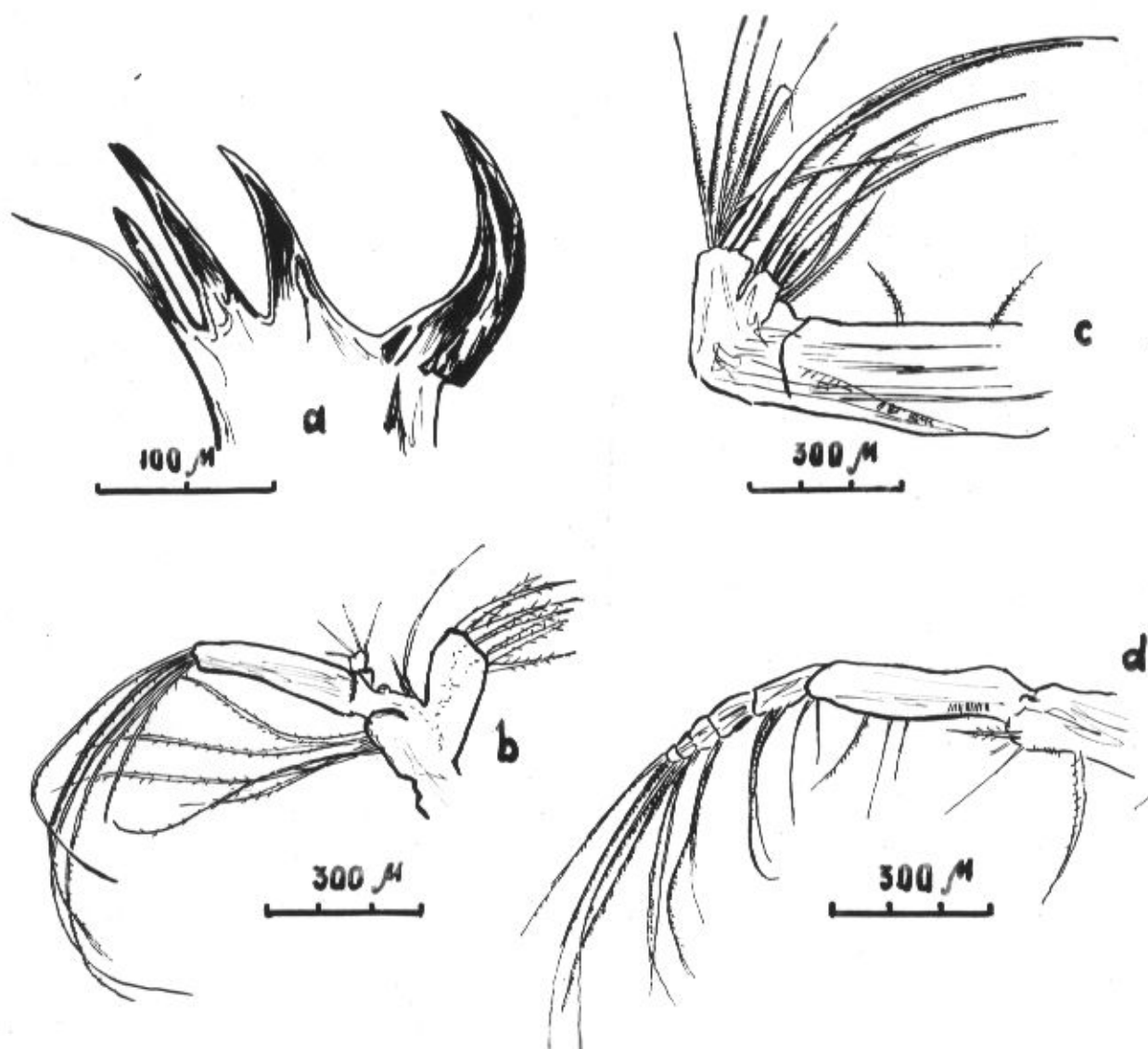


Рис.4.I. *Heteroghabdus fazzani*;

а - мандибула; б - максилла I; в - максилла II;
 д - максиллипеда.

Максиллы I. Гнатобаза максилл I вооружена кинжаловидными щетинками с шипами. Эндоподит и экзит имеют по пять длинных щетинок. Экзоподит несет пять коротких щетинок.

Максиллы II. Как фильтрационный придаток сильно редуцирован. На дистальном конце придатка несколько толстых и длинных щетинок с рядом коротких волосков. Расстояние между волосками около 3-4 микрон. По всей видимости, последние редуцированы и не приспособлены для отфильтровывания. Имеется ряд щетинок на последних маленьких члениках максиллы.

Максиллинеды. Этот придаток вооружен длинными крепкими щетинками, расположенными на II-VI члениках ветви.

По строению ротовых придатков рачок может быть отнесен к хищникам.

Urosalpinx macranga рис. 4.2, $l = 3,8$ мм

Мандибулы. Представляют собой широкие пластинки с четырьмя высокими и пятью невысокими острыми зубцами.

Максиллы I. Гнатобаза максилл I несет ряд острых и крепких щетинок с шипиками. Экзоподит и экзит вооружены длинными бичевидными щетинками. Щетинки густо опущены. Расстояние между отдельными волосками около 1 микрона. Эндоподит имеет менее длинные щетинки также сильно опущенные.

Максиллы II. Имеют характерное для фильтраторов строение. Это пластинки из сросшихся члеников. Шесть внутренних лопастей (эндитов) вооружены щетинками (по три на каждом). Щетинки равномерно опущены. Расстояние между волосками на проксимальном конце 12 микрон, а дистальном около 18-22 микрон.

Максиллинеды. Шесть основных члеников ветви вооружены длинными щетинками с волосками.

Судя по строению ротовых придатков вид может быть как грубым фильтратором, так и хищником - хватателем.

Racovitzaia antarctica рис. 4.3.

Мандибулы. Представляют собой удлиненную пластинку, имеющую ряд острых невысоких зубчиков на жующем крае.

Максиллы I. Имеют овальной формы гнатобазу с короткими жующими щетинками. Эндиты I и II несут на себе недлинные щетинки. Эндоподит и экзоподит вооружены тонкими щетинками небольшой длины. На экзите ряд толстых бичевидных щетинок.

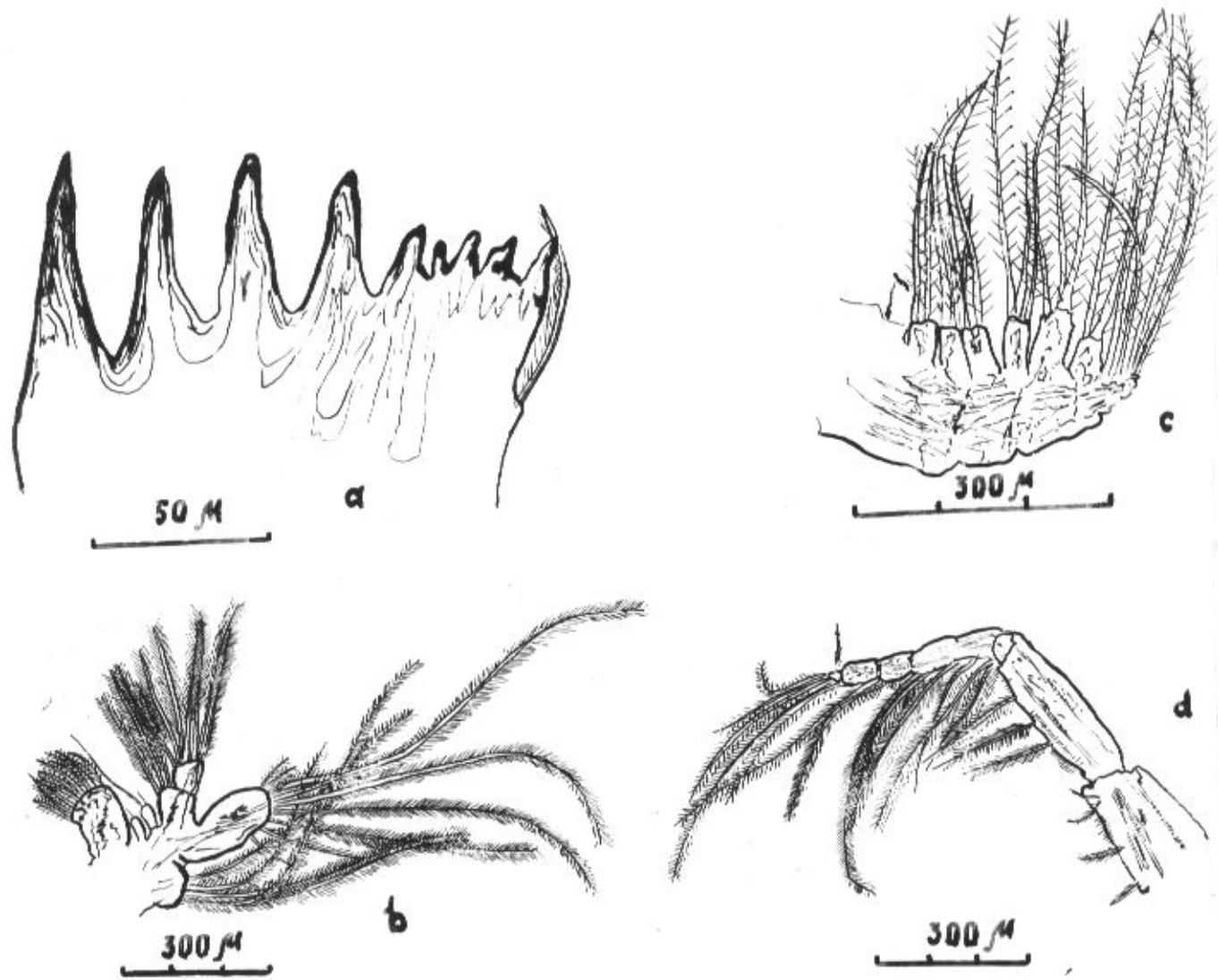


Рис.4.2. *Ussiaria macrossa*, ♂;
 б - максилла I; с - максилла II; а - мандибула; д - максиллипеда.

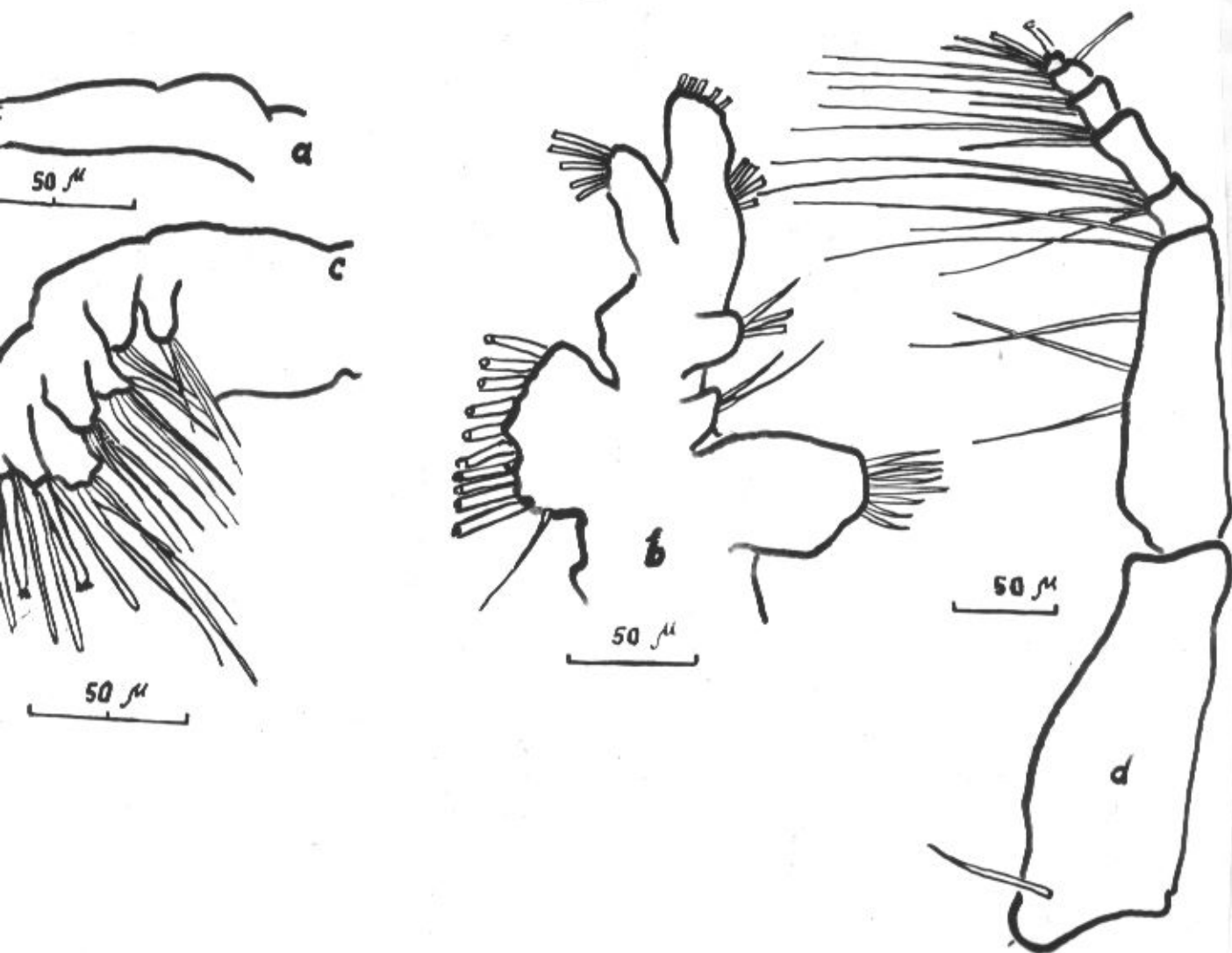


Рис.4.3. *Racovitxanus antarcticus*, ♂;
 а - мандибула; б - максилла I; с - максилла II;
 д - максиллипеда.

Максиллы II. Эндиты основных члеников и членики на дистальном конце максиллы II несут саблевидные щетинки.

Максиллипеды. Состоят из двух массивных члеников и 5 маленьких члеников ветви. Членики ветви вооружены мощными щетинками.

Вид — потенциальный эврифаг.

Kaloptilus ocycephalus рис.4.4

Мандибулы. Представляют собой вытянутую пластинку с тремя острыми кинжаловидными зубцами и одним висским, острым и широким у основания вентральным зубцом, отставленным в сторону от первых трех.

Максиллы I. Характеризуются слабо вычленным экзитом с 6 длинными бичевидными щетинками и тремя тонкими недлинными щетинками на проксимальном конце. Экзоподит более массивный, чем эндоподит, и вооружен рядом длинных крепких слабо оперенных щетинок. Эндоподит и вторая и третья внутренние лопасти несут длинные щетинки. Очень мощная гнатобаза вооружена длинными и прочными жевательными щетинками.

Максиллы II. Вооружены почти одинаковыми по длине щетинками саблевидной формы с редкими шипами.

Максиллипеды. Массивный членик ствола несет три группы упругих щетинок саблевидной формы. Остальные 6 члеников ветви несут по 4 щетинки каждый. Щетинки вооружены шипиками.

По строению ротовых придатков вид может быть отнесен к хищникам.

Kalankides electus рис.4.5 $l = 5,0$ мм.

Мандибулы. Представляют собой широкую пластинку с зазубренным жующим краем. Зубцы невысокие, с опаловыми коронками.

Максиллы I. Имеют типичное для каланид строение. Внутренние жевательные поверхности — эндит I, II и III — несут длинные перистоопушенные щетинки. Экзит, эндоподит и экзоподит также вооружены длинными бичевидными щетинками с частыми волосками на них.

Максиллы II. Эндиты всех трех основных члеников максиллы II и членики на дистальном конце несут длинные щетинки с жесткими волосками. Расстояние между волосками на проксимальном конце около 4 микрон, на дистальном около 12-13 микрон.

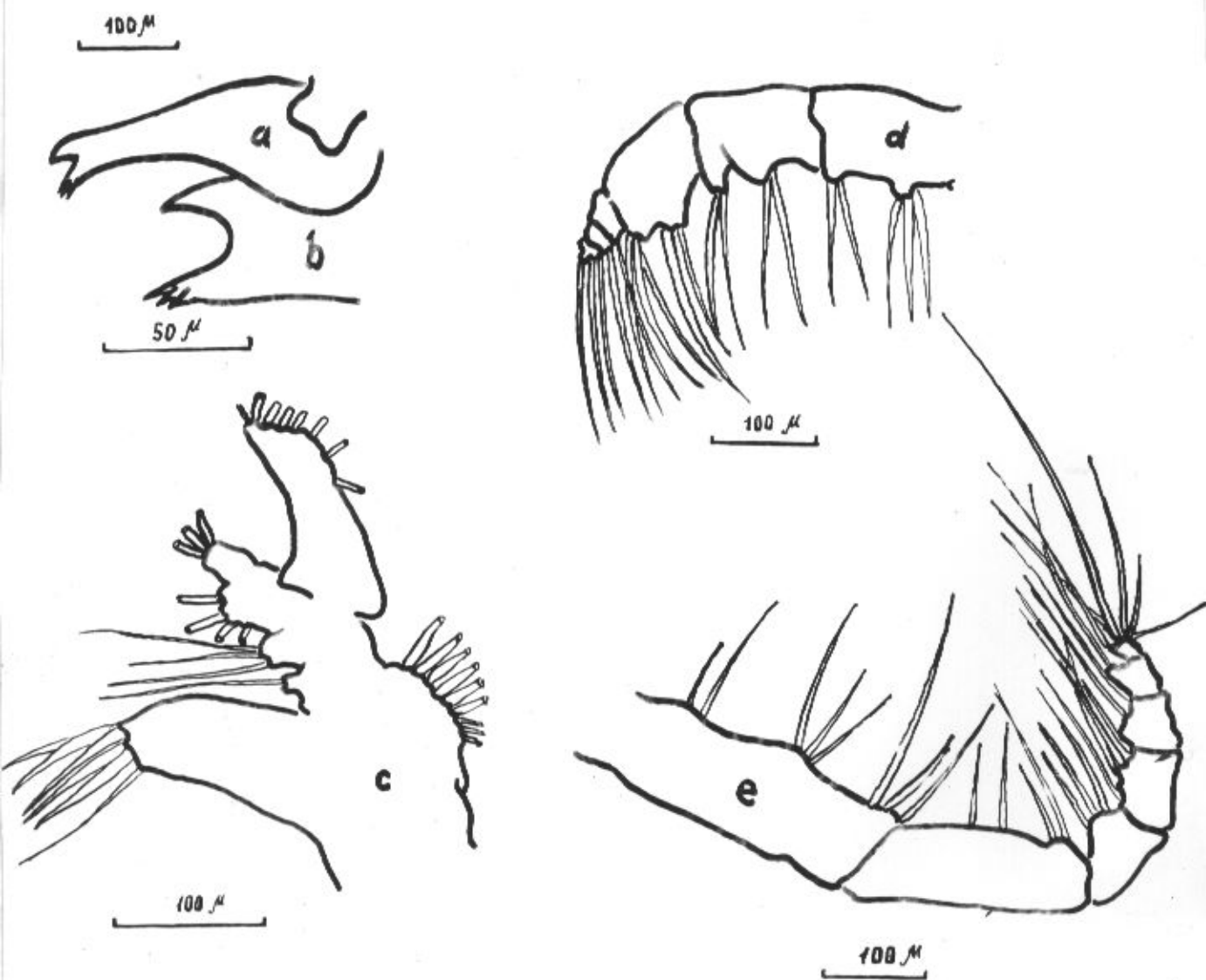


Рис. 4.4. *Chaloptilus oxycephalus*, ♂;
 а - мандибула; б - мандибула (фрагмент увеличенного
 жужжего края; с - максилла I; д - максилла II;
 е - максиллипеда.

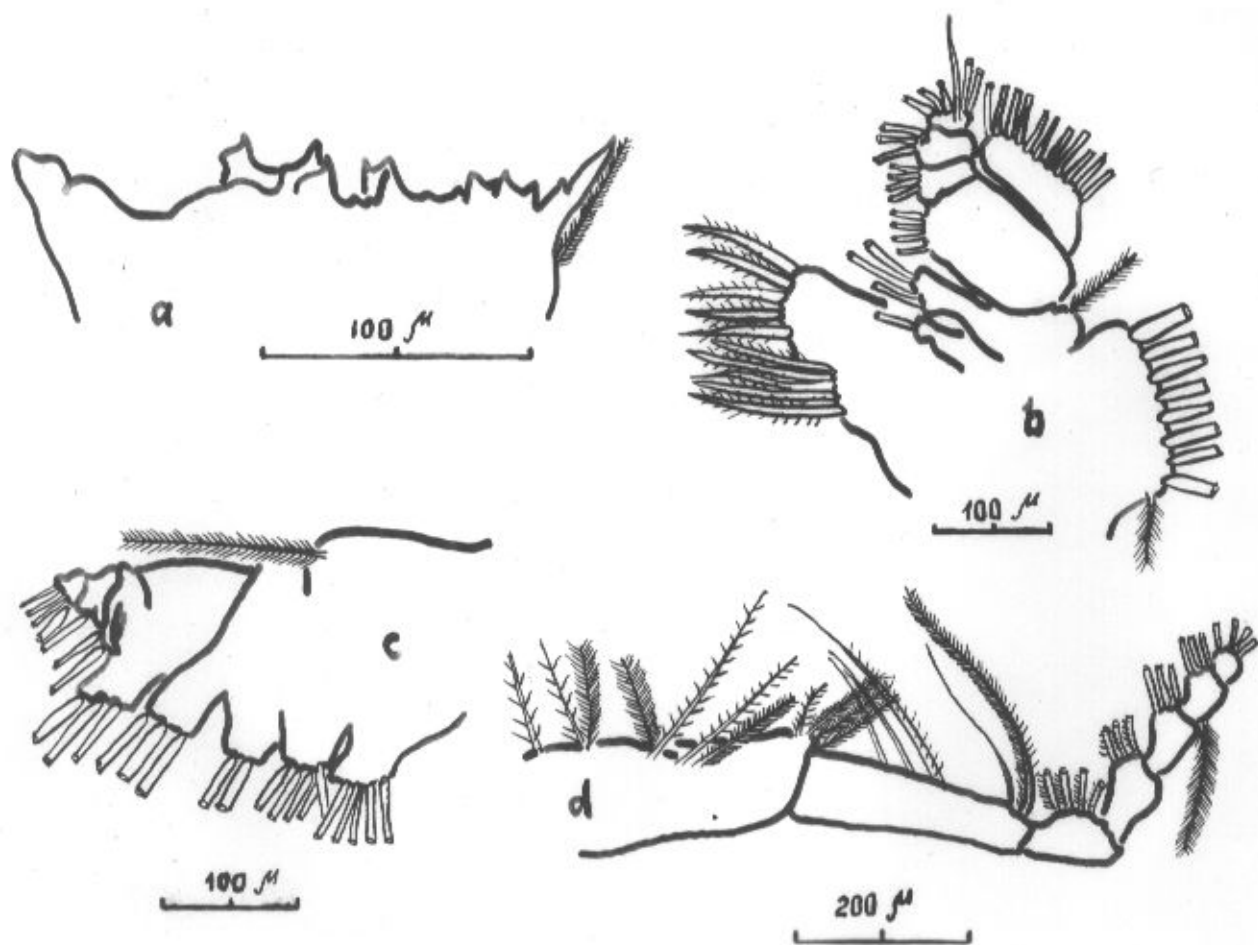


Рис. 4.5. *Calanoides acutus*, ♀;
 а - мандибула; б - максилла I; с - максилла II;
 д - максиллипеда.

Максиллипеды. Состоят из одного членика ствола, несущего короткие щетинки, покрытые волосками и шипами, и шести члеников ветви с густо оперенными щетинками средней длины.

Вид может быть отнесен к грубым фильтраторам.

Calanus propinquus рис. 4.6 $l = 5,35$ мм

Мандибулы. Широкие пластинки с неровным рядом невысоких зубцов. На некоторых зубцах имеются кремневые коронки.

Максиллы I. Имеют вид, характерный почти для всех каланид, представляют собой сильно разветвленные пластинки. Гнатобаза вооружена прочными книжаловидными жевательными пластинками с шипами. Эндит II и эндит III прямоугольной формы, опущены по краям и несут длинные щетинки с упругими волосками. Экзит, экзоподит и эндоподит имеют длинные опущенные бичевидные щетинки.

Максиллы II. Представляют собой одноветвистую конечность, вооруженную целым рядом длинных, прочных щетинок с волосками и шипами. Расстояние между волосками на проксимальных концах щетинок около 8 микрон, на дистальных — около 17-18 микрон. На проксимальном конце второго основного членика имеется наружная щетинка, перисто опущенная.

Максиллипеды. Строение сходно со строением таковых у *C. acutus*.

Два членика ствола снабжены щетинками, часть которых опущена, а часть несет на себе жесткие, более редкие волоски. По этим признакам *C. propinquus* можно отнести к грубым фильтраторам.

Строение ротовых придатков самцов почти не отличается от такового самок.



Рис. 4.6. *Calanus propinquus*. 1 - мандибула; 2 - максилла I; 3 - максилла II; 4 - максилла III; 5 - максилла IV; 6 - максилла V; 7 - максилла VI.

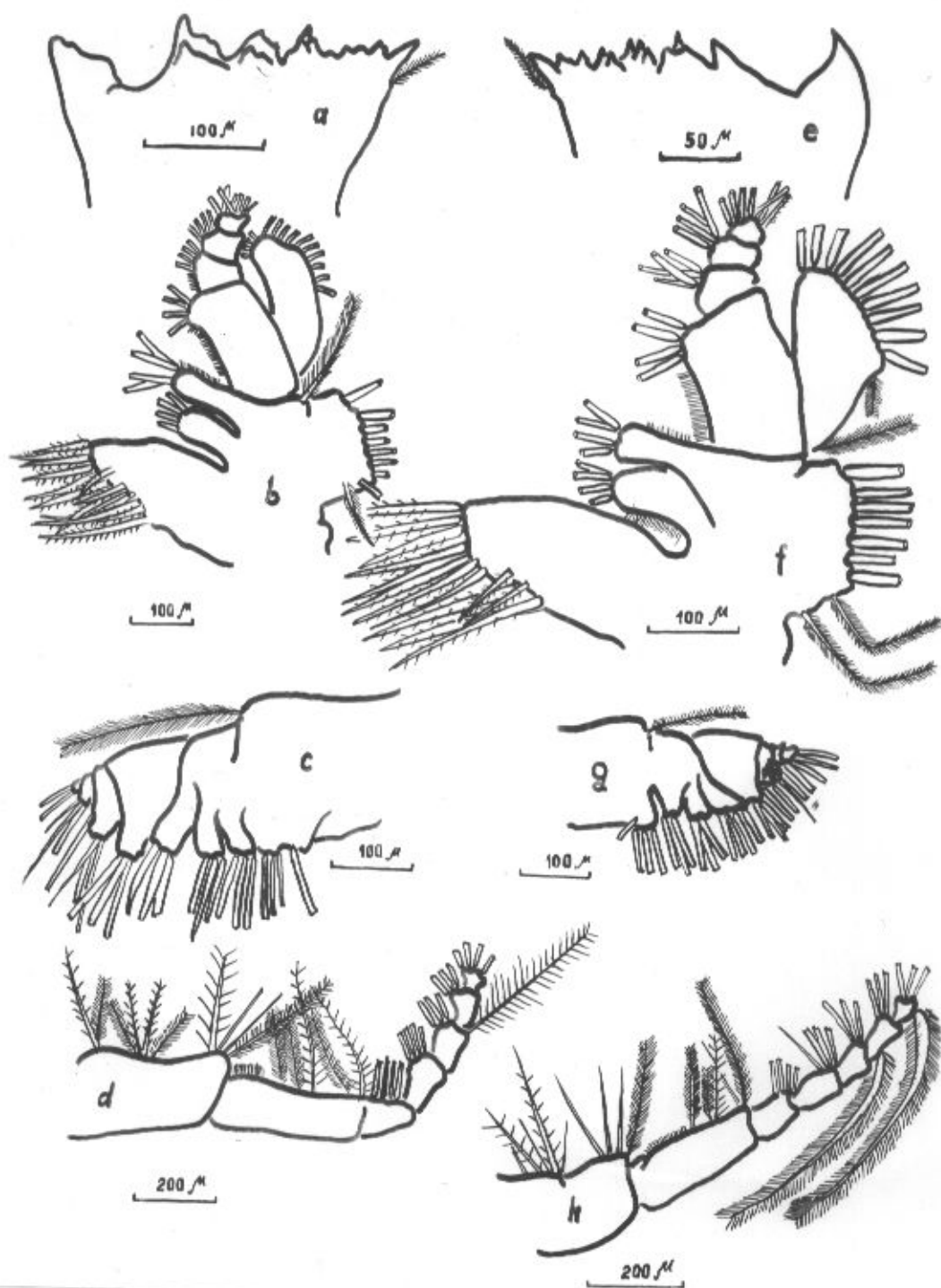


Рис.4.6. *Calanus propinquus* а, в, с, - самка; е, ф, г, и - самец. а - мандибула; б - максилла I; с - максилла II; г - максиллипеда; е - мандибула; ф - максилла I; д - максилла II; и - максиллипеда.

5. О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЛИЧИНОК МАССОВЫХ ВИДОВ ЭВФАУЗИЕВЫХ И К
ВОПРОСУ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ОБРАЗОВАНИЯ СКОПЛЕНИЙ
Euphausia superba В РАЙОНЕ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

Сбор личинок эвфаузиевых осуществлялся одновременно со сбором зоопланктона в II-ом рейсе РТМ-А "Чатыр-Даг" в ходе выполнения двух повторных океанологических макрообразовок на акватории между 60-75° в.д. и 59° южн. - кромка льда на юге в январе и феврале-марте 1978 г. Сбор производился сетью БР-80/113 в стандартных слоях 2000-1000, 1000-500, 500-200, 200-100, 100-50, 50-25 и 25-0 м с интервалом через 1° по широте и 5° по долготе. Обработано 450 проб.

Аналогично тому, как это делалось ранее (21), произведена обработка экозанисей криля, произведенных в районе моря Содружества и западнее его в 13 рейсе РТМ-А "Чатыр-Даг" и I рейсе НПС "Мыс Островского" в декабре 1978 г. - апреле 1979 г.

В пробах, собранных в январе-марте 1978 г. в II рейсе РТМ-А "Чатыр-Даг", обнаружены икра, науплиусы и метанауплиусы эвфаузиевых, личинки (каминтописы и фурцилии на разных стадиях развития) преимущественно трех видов антарктических эвфаузид - *Euphausia superba*, *E. frigida* и *Thysanoessa macrura*

Икра эвфаузиевых наиболее многочисленна в январе, основная ее масса обнаружена в океанической зоне преимущественно в пределах 25-100 метрового слоя (рис.5.1, а). В феврале-марте незначительное количество икры было обнаружено в прибрежной зоне (залив Прудс) в слое 25-50 и 200-500 м (рис.5.1, б). Характерным было отсутствие икры в оба срока на больших глубинах, вплоть до глубины 2000 м.

Науплии и метанауплии эвфаузиевых ни в январе, ни в феврале-марте не обнаружены в значительных количествах в океанической зоне, лишь в прибрежной зоне (залив Прудс) в верхнем 50-метровом слое (в январе) и в слое 25-500 м они встречались постоянно (рис.5.2; а, б).

Личинки *E. frigida* обнаруживались в небольших количествах в локальных участках, преимущественно в 25-100 метровом слое в океанической и прибрежной зонах (рис.5.3, а, б).

Личинки *Th. macrura* были наиболее многочисленны в январе, значительно стало меньше их в феврале-марте (рис.5.4, а, б).

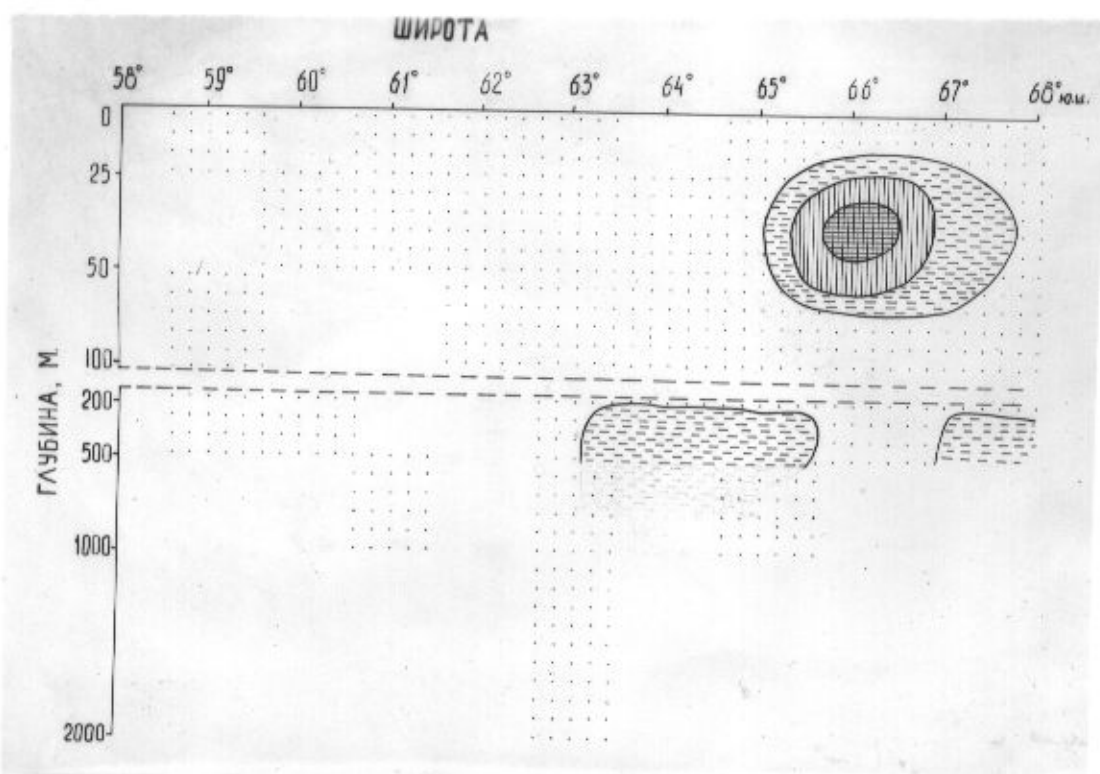
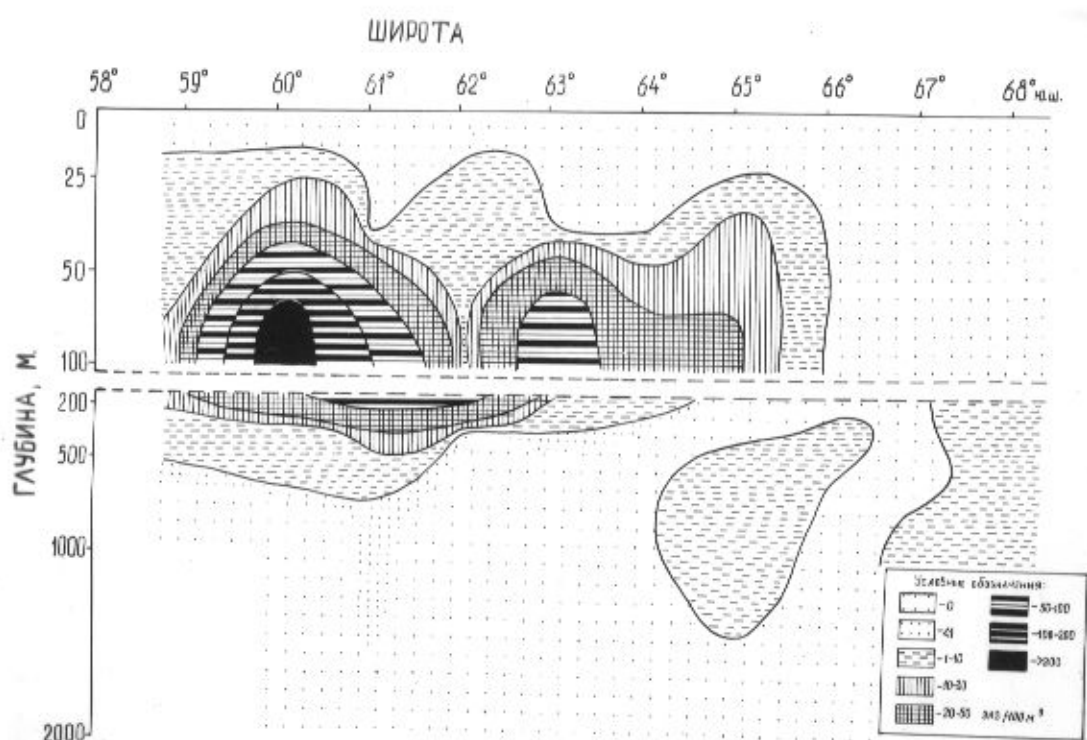


Рис.5.1. Распределение икры эвфаузиальных на разрезе вдоль 75° д. в январе (а) и феврале-марте (б) 1978г.

В

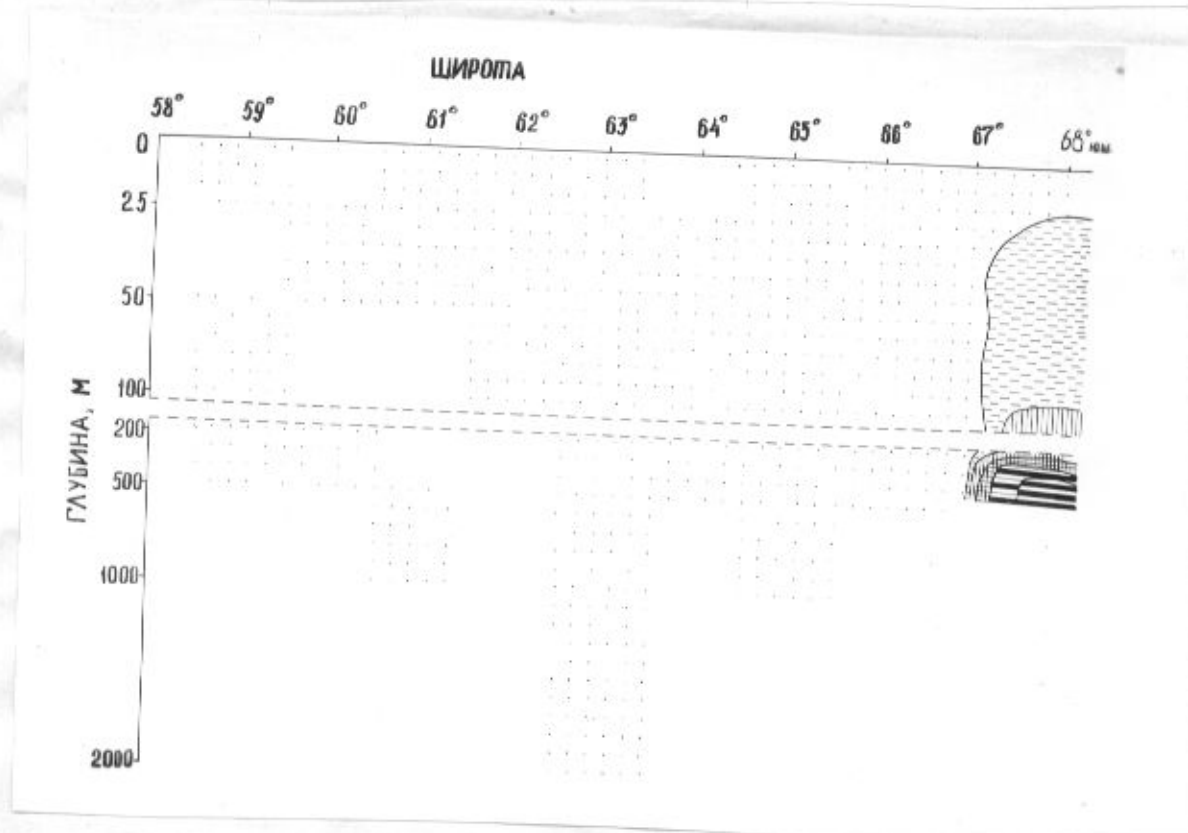
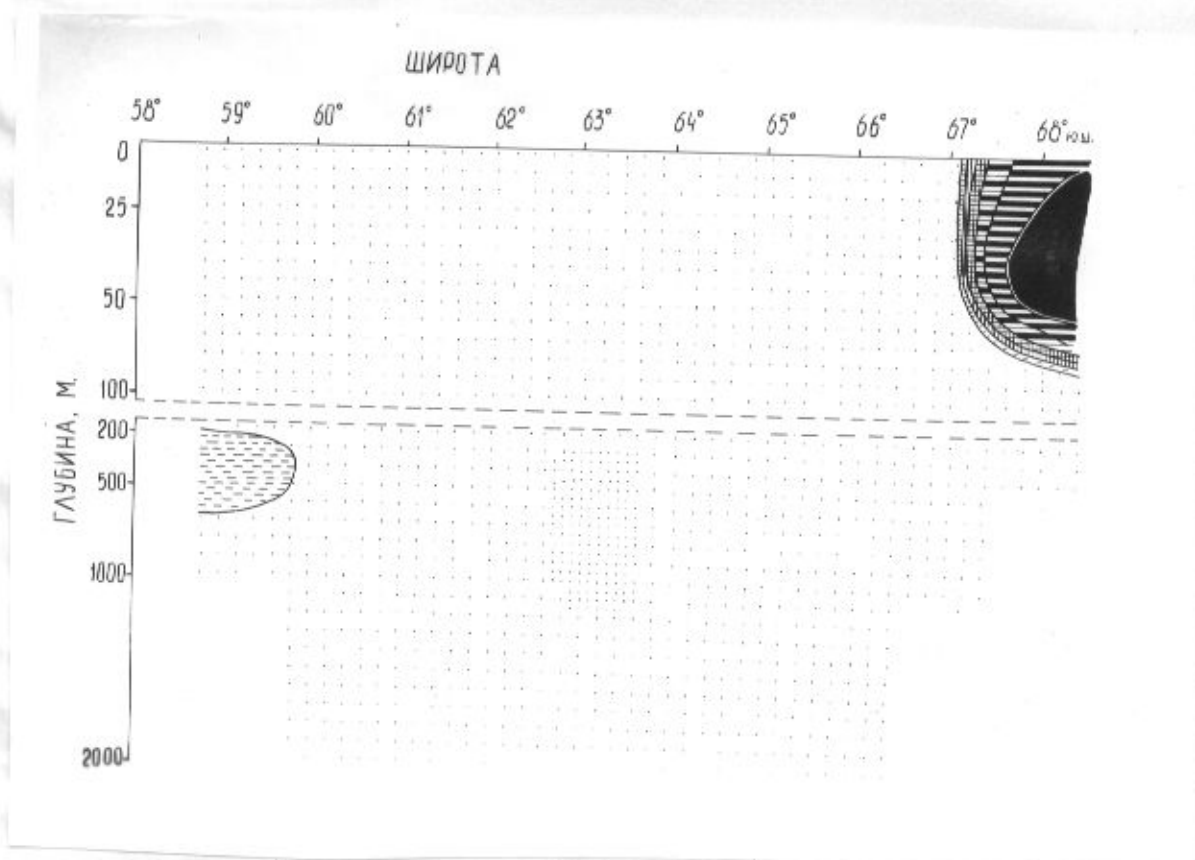


Рис. 5.2. Распределение науплиусов и метанауплиусов эвфаузиальных на разрезе вдоль 75° в.д. в январе (а) и феврале-марте (б) 1978 г. Условные обозначения те же, что на рис. 5.1.

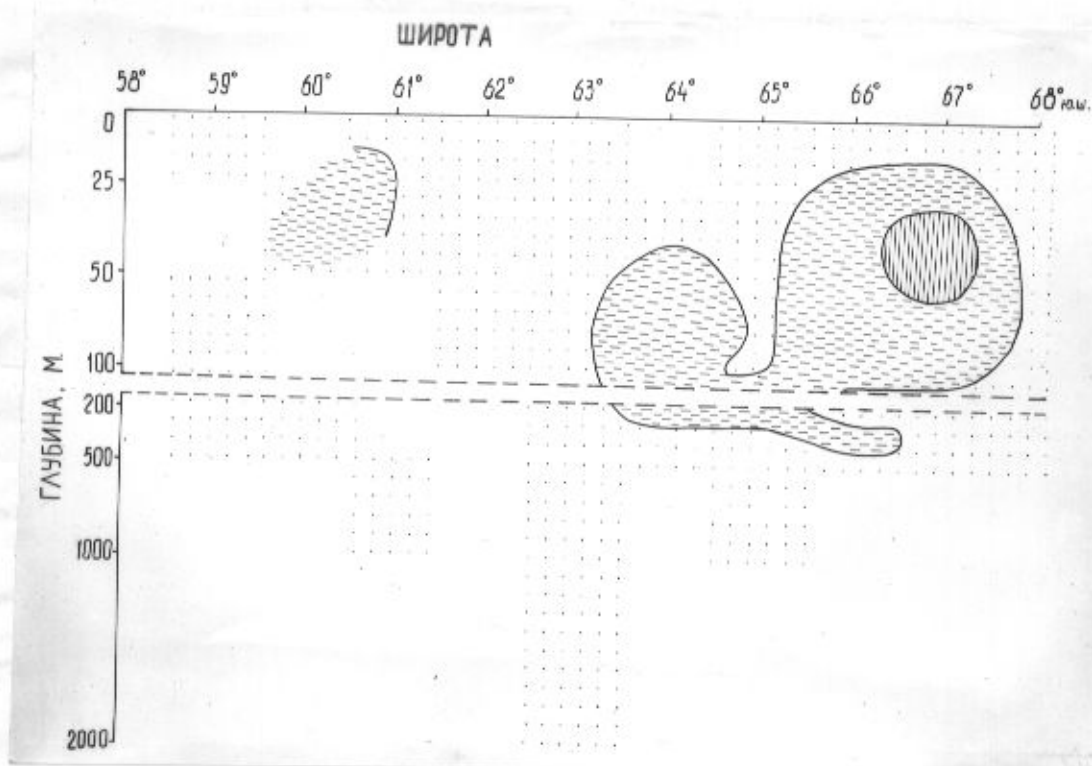
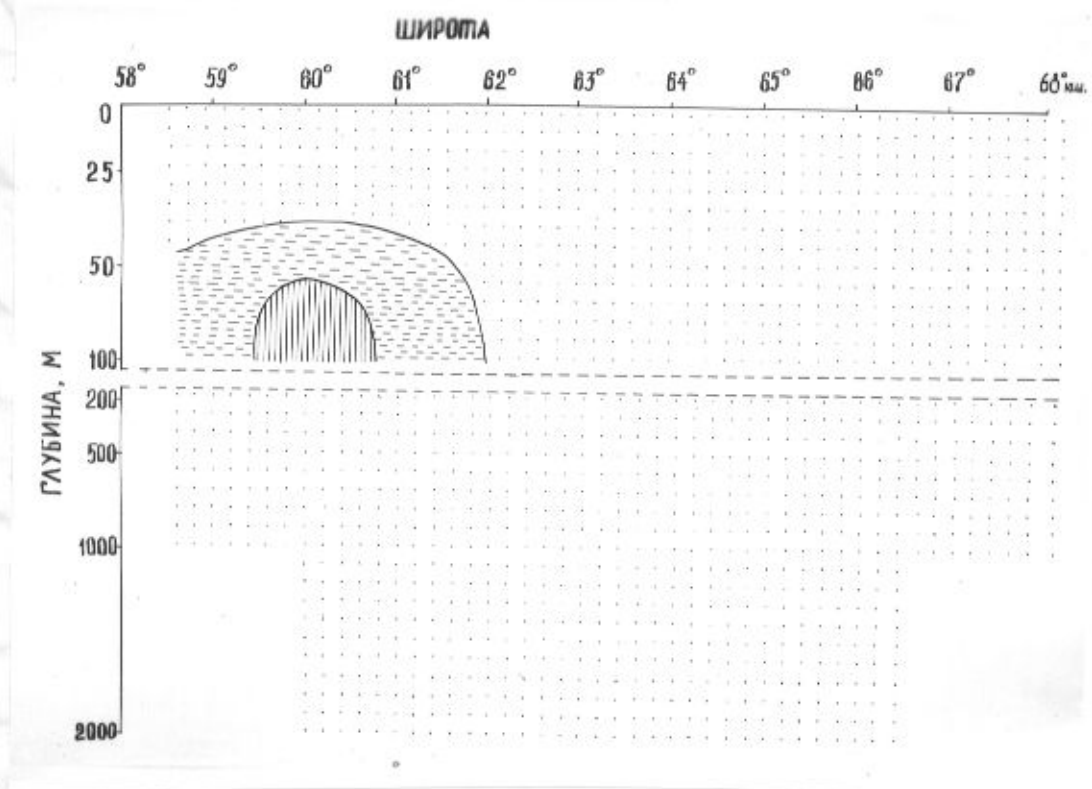


Рис.5.3. Распределение личинок *E. frigida* на разрезе вдоль 75 в.д. в январе (а) и февраля-марте (б) 1978 г. Условные обозначения те же, что на рис.5.1.

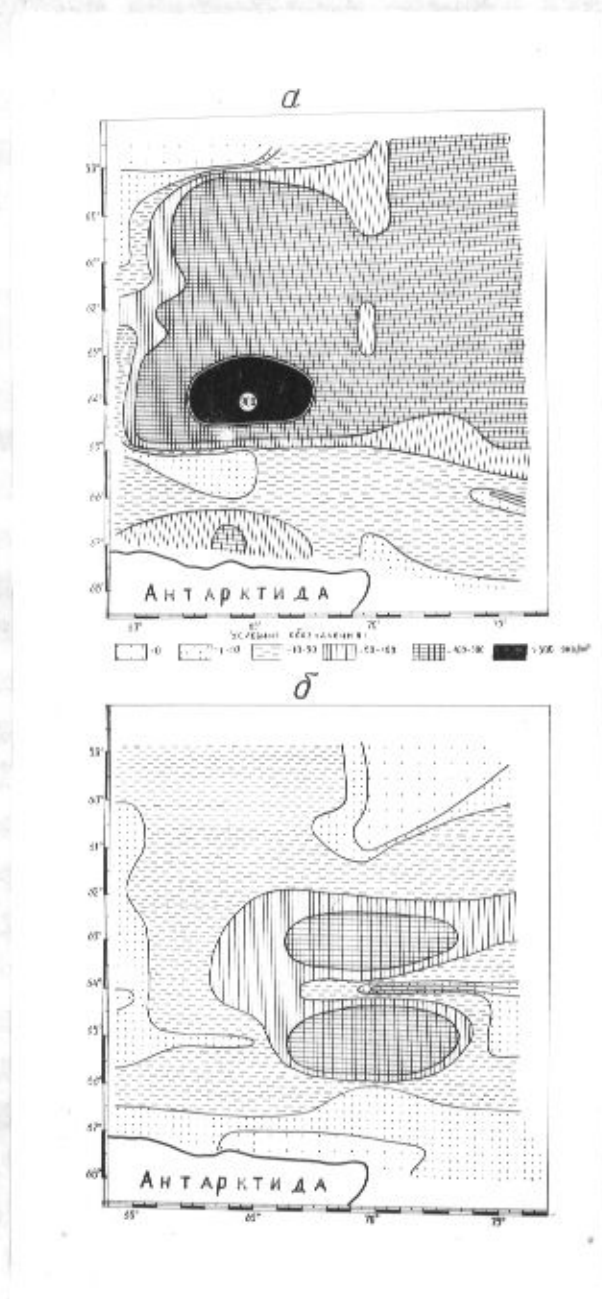


Рис. 5.4. Распределение личинок *Tr. тасчица* на акватории района моря Содружества в верхнем 500-метровом слое в июле (а) и феврале-марте (б) 1978 г.

Скопления располагались на обширной акватории региона в океанической зоне преимущественно в верхнем 100-метровом слое (рис. 5.5., а, б).

Личинки *Э. иречва* в январе были малочисленными (рис. 4.6, в) их небольшие скопления обнаруживались преимущественно в западной части района, причем концентрация личинок возрастала с приближением к берегу. В феврале-марте выявлены большие скопления личинок в прибрежной зоне - в участках, прилегающих к заливу Прюде и Земле Эндерби (рис. 5.6, б). Скопления личинок находились преимущественно в верхнем 100-метровом слое (рис. 5.7, а, б).

Описанная закономерность в распределении личинок и *Э. тагича* выявлена и в марте 1977 г. в II-12 рейсе НПС "Скиф" (19).

Как видно из изложенного, в сроках появления личинок разных видов эрфаузиевых и их распределении на акватории региона наблюдается сдвиг. Из трех видов эрфаузиевых личинки *Э. иречва* появляются позже, в конце лета, их максимальные концентрации расположены в прибрежной зоне, в то время как численность личинок других видов максимальна в разгар лета и они в своем распределении не имеют тенденции тяготеть к прибрежной зоне. Наиболее важным фактом является то, что и по материалам II рейса РТМ-А "Чатыр-Даг" в 1978 г. и по материалам II-12 рейса НПС "Скиф" в 1977 г. (19) на больших глубинах свыше 500 м (до 2000 м) на огромной акватории района моря Содружества, ограниченной на севере субантарктической конвергенцией, не обнаружено ни икры, ни личинок *Э. иречва* - ни в разгар, ни в конце лета. Это обстоятельство заставляет усомниться в справедливости схемы развития криля по "большому кругу" (22). Судя по приуроченности основной массы скоплений личинок криля к прибрежной зоне, более правдоподобной является схема его развития по "малому кругу". Да и, учитывая очень незначительные скорости переноса субтропических глубинных вод к югу и их подъема к поверхности, трудно представить возможность возврата личинок от зоны субантарктической конвергенции к прибрежью Антарктиды и пополнения таким образом запаса криля. По всей вероятности, эффективное пополнение популяции криля происходит за счет той её части, которая обитает в прибрежных участках аккумуляции. Как ранее было установлено нами, залив Прюде является классическим примером района, где благодаря как орографическому эффекту, так и наличию стационарно существующих

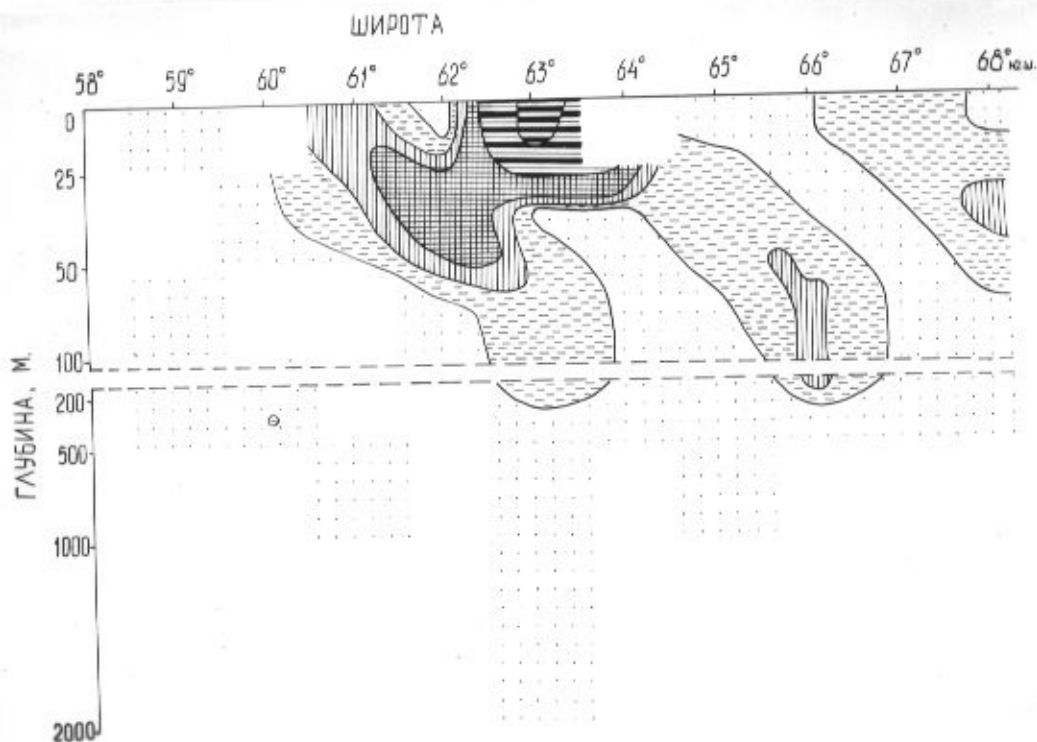
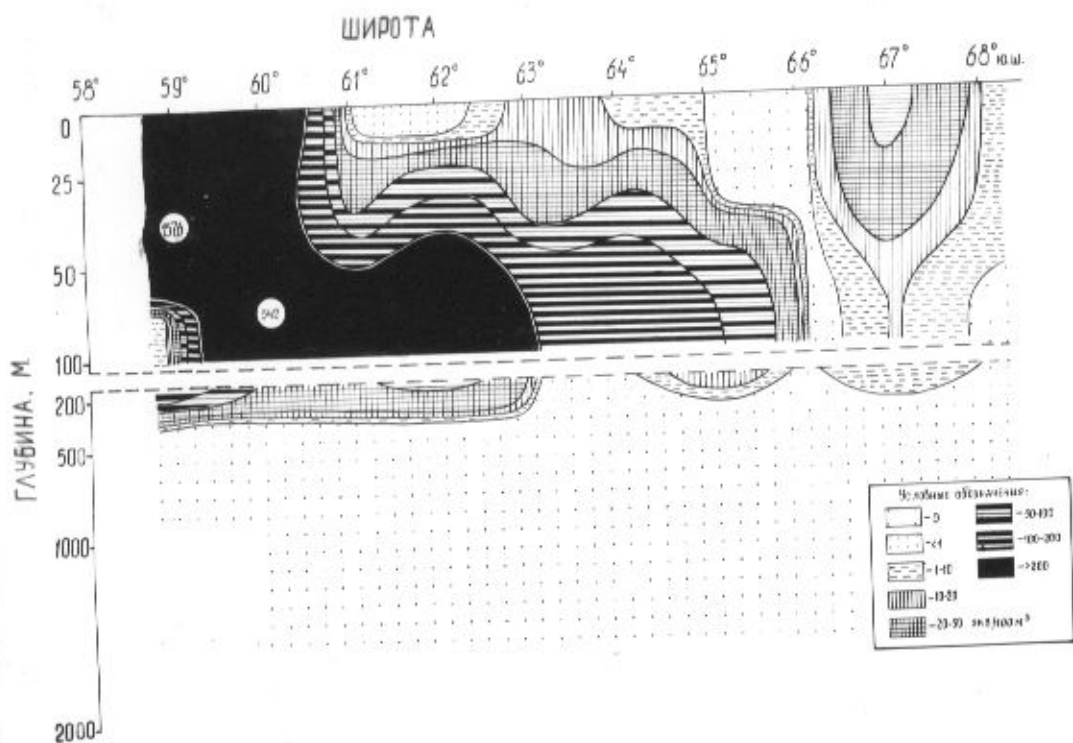


Рис.5.5. Распределение личинок *Tr. тасмича* на разрезе вдоль 75° в.д. в январе (а) и феврале-марте (б) 1978 г.

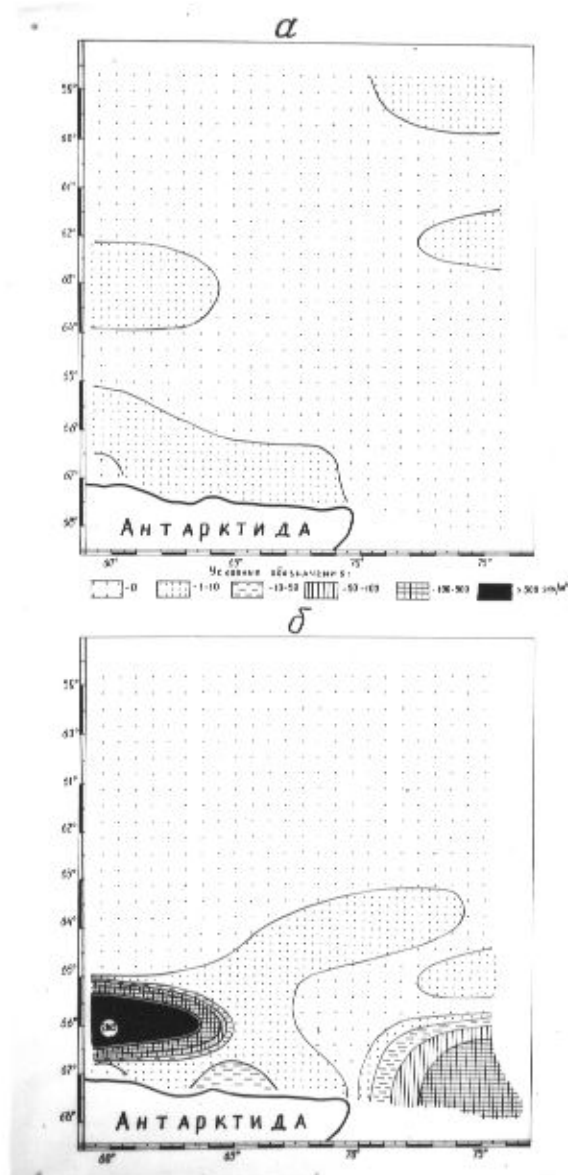


Рис. 5.6. Распределение личинок *E. superba* на акватории района моря Содружества в верхнем 500-метровом слое в январе (а) и феврале-марте (б) 1978 г. Крестиками обозначены места отлова взрослых животных на глубинах более 500 м (в слое 1000-500 м).

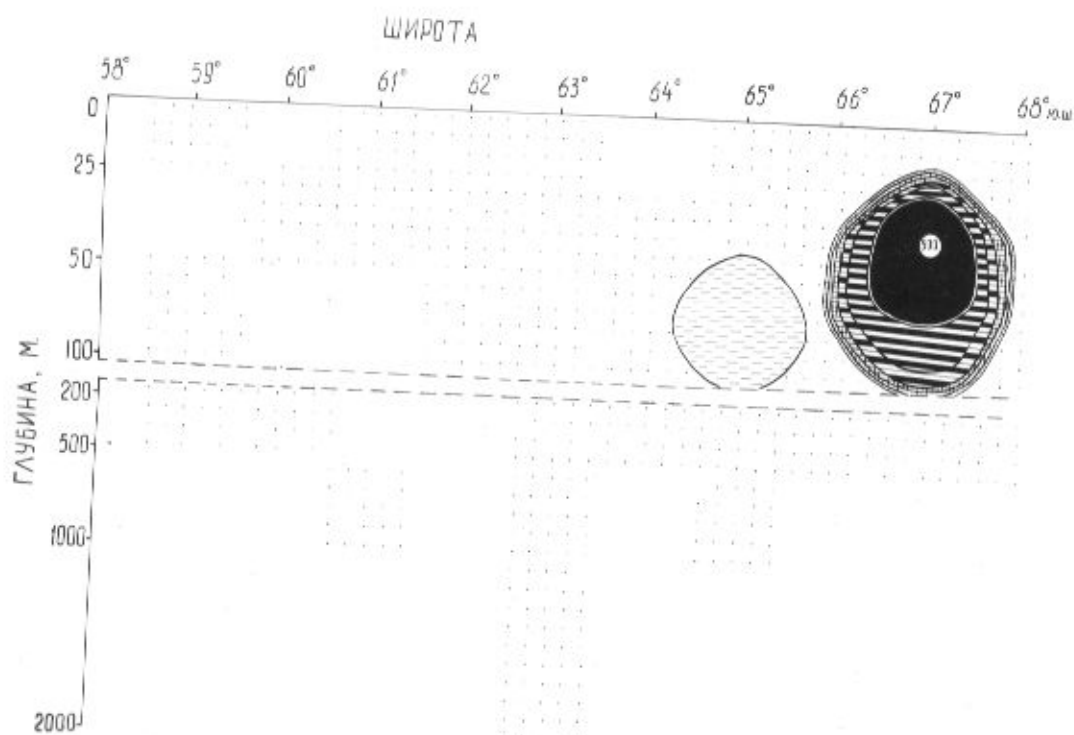
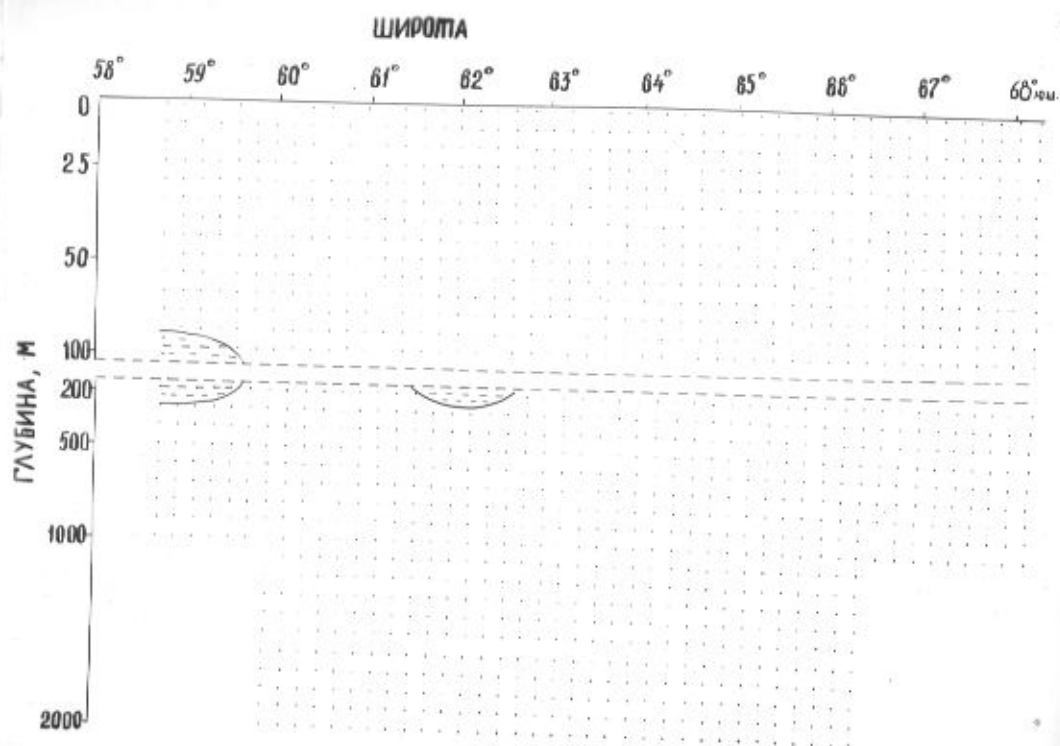


Рис. 5.7. Распределение личинок *E. zircenka* на разрезах вдоль 75° в.д. в январе (а) и феврале-марте (б) 1978 г. Условные обозначения те же, что на рис. 5.1.

зон с антициклонической завихренностью создаются условия для стабильного существования здесь криля. Вместе с тем развитие циклонов приводит к выносу (неизвестной части) криля отсюда в океаническую зону. (Такое явление, надо полагать, можно наблюдать и в других подобных участках Южного океана).

На рис. 5.8 изображено распределение обнаруженных в процессе непрерывного поиска двумя научно-исследовательскими судами скоплений криля в разные месяцы антарктического лета 1978-1979 гг.

Как видно из рисунков, как в океанической зоне, так и в прибрежной (залив Прюде) происходит трансформация скоплений: в океанической зоне от декабря к марту они практически "исчезают" в результате переноса циркулярным течением на восток, одновременно распадаясь, диффундируя под влиянием меняющегося неоднородного поля; в прибрежной части скопления так же подвержены переносу и трансформации (в результате к марту скопления (за ледовой кромкой) обнаружены на СВ залива Прюде), однако благодаря наличию аккумулялирующего топогенного фактора даже в условиях преобладавшей в районе моря Содружества циклонической циркуляции (15), часть скоплений задерживается в пределах залива Прюде. Без сомнения, вынос криля за пределы прибрежных зон аккумуляции завершается в конечном счете его стерильным выселением. Во всяком случае в отношении индоокеанского сектора Антарктики учитывая все вышеизложенные данные о распределении личинок и характере трансформации приповерхностных скоплений взрослого криля на примере наблюдений в 1978 и 1979 гг., об этом теперь можно говорить совершенно уверенно.

6. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РАЙОНА МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

В первые годы исследований в Ю пятилетке была установлена в принципе перспективность антарктической зоны Индийского океана для промысла криля. При этом было установлено, что из разных районов выгодно отличается район моря Содружества как наличием обширных участков с высокими показателями биологической продуктивности, наличием скоплений промысловых объектов (криля и др.).

Здесь впервые обнаружены и по настоящее время обнаруживаются промысловые скопления криля. С 1977 г. промысел криля в данном районе ведется постоянно в возрастающих масштабах. Антарктическим

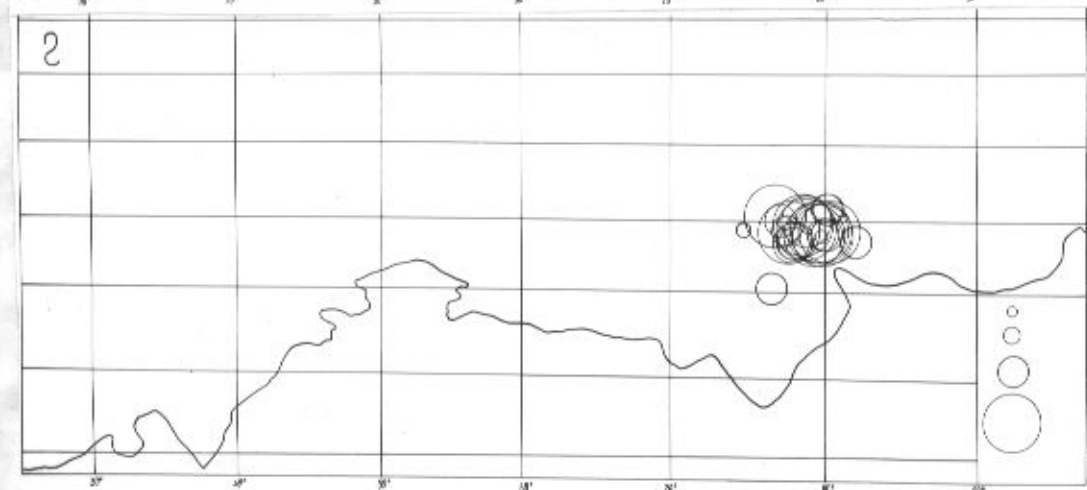
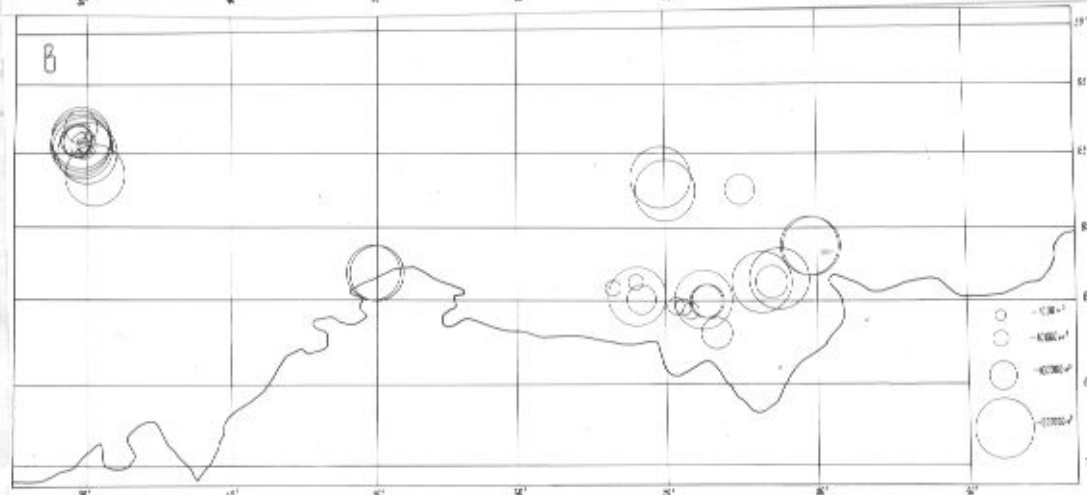
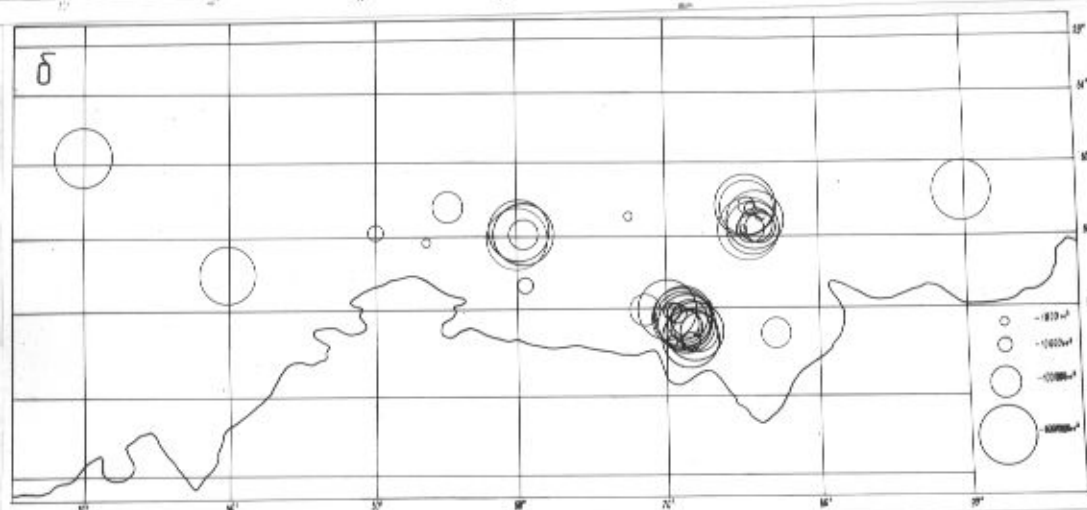
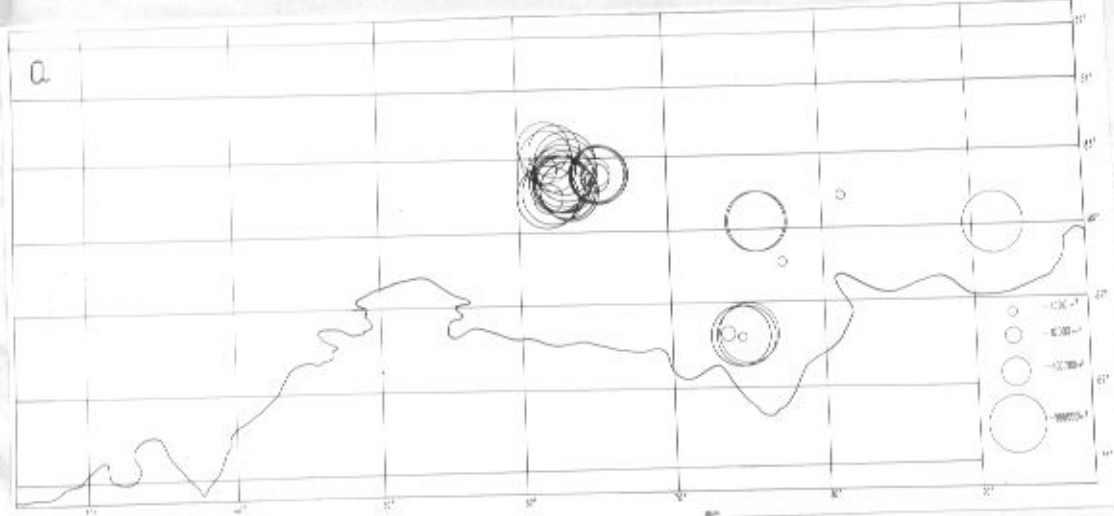


Рис. 5.8. Распределение промышленных скоплений крива в декабре 1978г. (а), январе (б), феврале (в) и марте (г) 1979 г. по результатам обработки эхолокатора на РГМ-А "Чатыр-Даг" и НПС "Мыс Острогского".

летом 1979—1980 гг. его вылов судами ВРПО "Дальрыба" и "Азчеррыба" составил около 80,0 тыс. тонн. Уловы судов составляли в среднем 40—60 т с/с. В 1978 г. здесь же впервые в практике рыбохозяйственных исследований обнаружены промысловые скопления антарктической серебришки (суммарная ихтиомасса на промысловом участке в заливе Прюде достигала около 40,0 тыс.). Богата здесь и фауна млекопитающих (китов), птиц. Следует сказать, что сырьевые ресурсы этого района, особенно рыб, чрезвычайно слабо изучены. Не исключено обнаружение здесь новых промысловых скоплений как серебришки, так и других видов рыб.

Таким образом, интерес, который был проявлен в последние годы к данному району, в достаточной мере обоснован. Более того, успехи в исследованиях и освоении данного района позволяют с оптимизмом относиться и к другим районам сектора в целом.

Как в Южном океане в целом, в данном районе центральным звеном экосистемы пелагиали является антарктический криль. Последний для исследований представляет интерес и как объект промысла, и как один из важных компонентов планктона, представитель консументов I порядка, который в свою очередь является основным кормом для многих объектов, относящихся к более высокому трофическому уровню, в том числе промысловых объектов. Все это предполагает необходимость проведения комплексных исследований сообществ пелагиали с конечной целью выяснения функциональной роли по мере возможности всех их основных компонентов.

Применительно к крилю комплекс исследований осуществлялся вначале (1973, 1974 гг.) в соответствии с программой постоянно действовавшей в течение 9 пятилетки антарктической экспедиции Ммирыбхоза СССР, впоследствии — по усовершенствованной программе "Юг" АзчерНИРО.

За период с 1973 по 1980 гг. в районе моря Содружества в летний сезон было выполнено семь рейсов на судах АзчерНИРО и Управления "Югрыбпромразведка", в пяти из которых был выполнен наиболее полный комплекс наблюдений. Район исследований расположен в границах от 60 до 80—90° в.д. и от 58—60° ю.ш. до кромки льда на юге.

В западной части индоокеанского сектора подобный комплекс работ выполнен лишь в летний и зимний периоды 1972—1973 гг. (2 экспедиции) (23, 24).

В результате накоплены сравнительно обширные океанографические и гидробиологические сведения, часть которых фрагментарно

освещена нами в отчетах и публикациях.

В общей сложности полученные сведения, на основании их обобщения позволяют уже на данном этапе охарактеризовать наиболее важные стороны планктонного сообщества исследованного района. Собственно говоря, это и составляет цель данной работы.

Планктонные сообщества изученного района формируются и существуют в сложной системе течений, обусловленных в конечном счете ветровым режимом и топогенным фактором (25, 26).

В летний период на северной окраине района ($60-62^{\circ}$ ю.ш.) воды переносятся на восток, при этом наблюдается образование меандра, скорость течения колеблется в разных участках от 5 до $10-15$ м.сек⁻¹. Иная картина циркуляции вод значительно усложняется, будучи в особой степени связанной с местными гидрометеорологическими и орографическими условиями. Особенность этой части района заключается в существовании в широтном направлении чередующихся циклонических и антициклонических круговоротов. Положение их из года в год претерпевает изменения, связанные с изменениями (неоднородного в целом) барического поля (27, 26). Характерным для региона является наличие в пределах стационарных в сезонном масштабе крупных циркуляционных систем, измеряемых в поперечнике сотнями миль, локальных мелких круговоротов разного направления, существующих в синоптические сроки непосредственно в прибрежной зоне южная периферия циклонических круговоротов образует Западное прибрежное течение.

Гидроструктуру региона составляют поверхностная антарктическая, промежуточная (субтропическая), глубинная циркумполярная и придонная антарктическая водные массы. Первая из них, находясь под влиянием ветрового и плотностного перемешивания, претерпевает сезонные изменения. В непосредственной близости от материка различают два ее типа — шельфовую и поверхностную. Первая располагается над отмелью, при ее перемешивании с глубинной водой и формируются придонные антарктические воды.

Вторая расположена севернее первой, ее глубина залегания достигает 150 м в прибрежной зоне, резко уменьшаясь в зонах подъема вод.

Сложность гидроструктуры обуславливает довольно большое разнообразие флоры и фауны. В составе фитопланктона количество видов и разновидностей достигает 159 (см. раздел I наст. отчета), а в составе зоопланктона — более 120. Однако в связи с сравнитель-

ным однообразием биотока (основная масса планктона обитает в поверхностной антарктической воде), высокой его трофностью численность большей части видов очень невелика. И в фито- и в зоопланктоне доминирующее развитие получает небольшое (15-20) число видов антарктических, субантарктических и умеренно-тепловодных. Среди водорослей как по числу видов, так и по удельному весу доминируют диатомовые (около 68% видов, около 95% биомассы, среди животных - копеподы (более 80% видов) и *в. киреца*. Последний по нашим расчетам составляет от 40 до 75% биомассы сетного сестона и криля суммарного, причем доля криля снижается к концу лета.

Неоднородность гидрологического поля обуславливает неоднородность распределения компонентов планктонных сообществ в пределах региона в целом.

При рассмотрении распределения планктеров в вертикальной плоскости в летний период установлено, что их основная масса (в т.ч. и криля - до 95% случаев) располагается над слоем сезонного пикноклина, залегающего в большинстве случаев на глубинах 30-50 м. В зимний период (по наблюдениям между 30-60° в июне 1973 г.) на фоне трансформации верхнего прогретого летом слоя (в результате выхолаживания и интенсивного вертикального перемешивания под воздействием циклонов) большая часть мезозоопланктона распределяется во всей толще поверхностной антарктической водной массы - до 500 м.

При рассмотрении распределения сестона (для летнего периода) установлено, что механизм образования скоплений для всех компонентов не может быть описан однозначно. Однако общим фактором для всех можно назвать наличие вертикальной устойчивости вод и аккумуляющего эффекта течения. В отличие от трофической зоны основными факторами для аккумуляции фитопланктона являются устойчивость и солнечная радиация. Первое условие реализуется летом как в зонах с антициклонической завихренностью поверхностного слоя, так и на периферии слабых циклонов. Интенсивная циклоническая деятельность приводит к диффузии клеток фитопланктона (да и других компонентов сообщества). В наиболее яркой форме это проявляется с началом зимнего периода (см. раздел I наст. отчета, 28). Общеизвестно, что длительность вегетационного периода с продвижением к полюсу сокращается. В исследованном районе он длится с конца января - начала февраля по конец марта - начало апреля. В конце лета кон-

центрация фитопланктона под воздействием диффузии снижается более чем вдвое (см. раздел I наст. отчета). По степени аккумулярующего влияния на такие компоненты сестона как криль, мезозопланктон, взвешенное органическое вещество на первое место следует поставить стационарные антициклонические круговороты. В наиболее яркой форме это влияние проявляется в заливе Пюде, где в связи с орографическими условиями стационарируются в пространстве круговороты. В феврале-марте 1977 г., летом 1977-1978 гг. очень плотные скопления криля в заливе Пюде обязаны были именно наличию длительного существовавшему здесь антициклоническому круговороту. В последующие годы преобладание циклонов в летний период привели, с одной стороны, к разрежению скоплений (что сказалось на снижении суточных нагрузок промыслов вдвое в сравнении с прежними сезонами промысла). В океанической зоне в результате штормов мощные скопления криля протяженностью до двух и более десяткой миль рассеиваются в течение очень короткого времени. Более того, значительно более часто криль в этой зоне встречается либо в разреженном виде, либо в виде отдельных мелких косяков, что связано с отсутствием аккумулярующего эффекта.

По-видимому, влияние циклона на скопления криля и планктона вообще зависит от интенсивности его развития. Об этом свидетельствует, во-первых, обнаружение скоплений планктонов вблизи циклонов, во-вторых, успешный промысел криля (правда, на периферии залива Пюде) в последние 2 сезона (1978-1979 гг. и 1979-1980 гг.), когда в районе залива Пюде циклонический круговорот был преобладающим. Обнаружение описанной связи в океанической зоне, несомненно, свидетельствует о возможных стационарных в сезонном плане крупных циркуляционных системах (29); при рассмотрении же в более мелком масштабе в силу неоднородности поля и кратковременных колебаниях условий (например, изменение гидроструктуры в синоптические сроки) можно столкнуться с явлением хаотичного, несогласованного с гидроструктурой распределения компонентов сестона, включая криль (30). В линейном потоке диффузии подвергаются все компоненты сообщества.

Следующей чертой сообщества изученного региона является характер сезонных колебаний уровня развития сообщества. На примере наблюдений в 1972-1973 гг. (28) в океанической зоне (неритическая зона зимой занята льдом) западной части сектора (между 30-60° в.д.)

установлено, что средняя биомасса сетного сестона летом в 4 раза выше, чем зимой (200 мг/м^3 против 52 мг/м^3 в слое 0-100 м), средняя численность зоопланктона летом более чем вдвое чем зимой (1900 экз/м^3 против 736 экз/м^3 , в т.ч. каланиды 618 экз/м^3 летом и 275 экз/м^3 зимой). Закономерные изменения претерпевает трофическая структура мезозоопланктона. Так, в данной части сектора летом соотношение между потенциальными фильтраторами и хищниками из копепод было 1:1 (по численности), зимой количество хищников оставалось на прежнем уровне, а за счет снижения доли фильтраторов (вдвое) отношение между рассматриваемыми группами изменялось в пользу хищников (1:2). О степени снижения концентрации фитопланктона к концу вегетационного периода было сказано ранее. Интересным представляется соотношение между биомассой криля и сетным сестоном (представленным более чем на 50-60% мезозоопланктоном, остальное - детритом и фитопланктоном). Как в западной ($30-60^\circ \text{ в.д.}$), так и в центральной ($60-90^\circ \text{ в.д.}$) частях сектора в первую половину лета доля криля в сетном сестоне (включая криль) составляет 75%, в конце лета - около 40% (1975г.) за счет снижения концентрации криля.

Уровень развития планктона в регионе в целом, как и концентрация криля, испытывает межгодовую изменчивость, обусловленную изменчивостью гидроструктуры в макромасштабе. Так, в районе моря Содружества и прилегающих водах летом в разные годы колебания средних для акватории значений первичной продукции были в пределах от 200 (19) до $310 \text{ мг С.м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$, биомасса фитопланктона от 400 до 1140 мг/м^3 (см. раздел I наст. отчета), биомасса сетного сестона от 200 до 2000 мг/м^3 в слое 0-100 м (28, 13, 15, 20).

По ориентировочным расчетам (по наблюдениям в 15 рейсе НПС "Скиф" (20) суточная продукция водорослей летом в районе моря Содружества (60 мг/м^3 сырого веса водорослей в фотическом слое) почти вдвое превышает суточную пищевую потребность травоядного мезопланктона (около 200 мг/м^3) и криля (около 15 мг/м^3), что и приводит к накоплению в значительных количествах остаточной биомассы фитопланктона. Надо полагать, в связи с неравномерным распределением компонентов сестона доля остатка будет разной.

Характерной чертой сестона антарктической зоны является большая доля в нем детрита. Суммарное содержания взвешенной органики в 5-10 раз выше количества органики в структурных элементах планк-

тона (включая криль). В связи с высокой концентрацией ВОВ уровень продукции бактериопланктона оказался почти на порядок выше уровня первичной продукции. Таким образом, в случаях образования очень плотных агрегаций, либо в период зимней депрессии вегетации у фильтраторов (в т.ч. у криля) имеется довольно мощный резерв корма.

Разумеется, описание основных черт структуры планктонных сообществ сделано нами в самой общей форме и является своего рода планом-наброском для предстоящей углубленной работы в предстоящей пятилетке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беклемишев К.В. Экология и биогеография пелагиали. Изд. "Наука", М., 1969. с 200.
2. *Zernova K.V. Phytoplankton of the Southern Ocean Antarctic Ecology Ed. by M.H. Holdgate, vol 1, 1970, 136-148*
3. Козлова О.Г. Диатомовые водоросли индийского и тихоокеанского секторов Антарктики. АН СССР, ин-т Океанологии. Изд. "Наука", М., 1964, стр.1-168.
4. *Hart T.J. Phytoplankton periodicity in Antarctic surface waters. - Discov. Repts, v. 21, 1942*
5. Павлов В.Я. Питание криля и некоторые особенности его поведения. Тр. ВНИРО, т.66, 1969, стр.207-221.
6. Беклемишев К.В. Связь распределения фитопланктона индоокеанского сектора Антарктики с гидрологическими условиями. - Докл. АН СССР, 119, № 5, 1959 г. с.1056-1060
7. Зернова В.В. Атлас Антарктики. Распределение биомассы в слое 0-100 м. Рис.128. Изд. ГУК, 1966.т.1.
8. Химица В.А. Исследование геострофических течений в антарктической зоне Индийского океана. Океанология, т.ХVI, вып.2, 1976, с.234-237.
9. Химица В.А. О структуре антарктической дивергенции в Индийском океане. Тр. ВНИРО, т.120-а. Тр. АзчерНИРО, т.38, 1977 г., ДСП, с.10-15.
10. Отчет о работе в седьмом научно-поисковом рейсе на РТМ-А "Чатыр-Даг" в индийском секторе Южного океана (январь-май 1977 г.). Керчь, АзчерНИРО, 1977 . с.75

11. Беклеминев К.В. О широтной зональности в распределении антарктического фитопланктона. Информ.бюлл. Советской антарктич. экспедиции, № 3, 1958 г. с.25-35.

12. Отчет. Динамические условия образования скоплений криля в индоокеанском секторе Антарктики. Керчь, АзчерНИРО, 1977 г.

13. Отчет о работах РТМ-А "Чатыр-Даг" в XI научно-поисковом рейсе в Южный океан (октябрь 1977 г. - апрель 1978 г.) Керчь, АзчерНИРО, 1978 г., с.120.

14. Отчет. Гидрологические предпосылки районов обитания криля в Антарктической зоне Индийского океана. ДСП. Керчь, АзчерНИРО, 1979 г., с.15.

15. Отчет о работе в XII рейсе РТМ-А "Чатыр-Даг" в районе моря Содружества с 24 ноября 1978 года по II мая 1979 года. Керчь, АзчерНИРО, 1979 г., с.125

16. Семина Т.И. Факторы, влияющие на вертикальное распределение фитопланктона в море. Тр. Всесоюзн.гидроб.общ., т.УШ, 1957, с.119-129.

17. Кашкин Н.И. Перемешивание водных масс как один из факторов, ограничивающих биологическую продуктивность пелагиали морей умеренных широт. Успехи совр.биологии. т.53, вып.3, 1962, с.375-390.

18. Сорокин Ю.И. Количественная оценка роли бактериопланктона в биологической продуктивности тропических вод Тихого океана. функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. Из-во "Наука", М., 1971, с.92-122.

19. Отчет о научно-исследовательских работах в II-12 рейсах НПС "Скиф" в индоокеанском секторе Антарктики (сентябрь 1976 г.- июль 1977 г.). ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1977., с.130.

20. Отчет о научно-исследовательских работах в 15 рейсе НПС "Скиф" в антарктической зоне Индийского океана (ноябрь 1979 г.- май 1980 г.). ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1980., с.105.

21. Отчет. Предварительные данные по распределению и районам скопления криля в индоокеанском секторе Антарктики. ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1978, с.32.

22. Macx J.W.S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) Discovery Repts, vol 38, p. 35-464.

23. Отчет о втором рейсе РТМ "Кара-Даг" в антарктические воды Индийского океана. Декабрь 1972 - февраль 1973 гг. ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1973 г., с. 105.

24. Отчет о третьем рейсе РТМ "Кара-Даг" в антарктические воды Индийского океана. Март-август 1973 г. ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1973 г., с. 85.

25. Канаев В.Ф., Нейман В.Г., Парин Н.В. Индийский океан. Из-во "Мысль", М., 1975, с. 284.

26. Промысловое описание моря Содружества и прилегающих вод. ГУНИО МО СССР для Минрыбхоза СССР, 1980 (в печати), с. 50.

27. Ньютон Ч.У. Метеорология южного полушария. Гидрометеоздат, 1976 г., с. 260.

28. Отчет. Некоторые данные о биологии и распределении антарктического криля в Индийском океане в зависимости от океанографических условий и ориентировочные данные о его запасах и возможном вылове. ДСП, АзчерНИРО, Керчь, 1975, с. 44.

29. Брянцев В.А., Самышев Э.З. Опыт определения макромасштабных зон скоплений антарктического криля (*Euphausia superba* Dana) (. Тр. ВНИРО, т. 120-А, М., 1977, с. 50-54, ДСП.

30. Отчет. Особенности распределения компонентов планктона и питания планктонных животных в антарктической зоне Индийского океана. ДСП. АзчерНИРО, Керчь, 1979, с. 57.

31. Петрович П.Г. Соотношение биомассы и продукции зоопланктона, бактерий, фитопланктона и микрофитов в озерах Нарочь, Мястро и Баторин. Первичная продукция морей и внутренних вод. Из-во Мин-ва высш., ср. спец. и проф. образов. БССР, Минск, 1961, с. 381-385.

отп. 4 экз.
исп. Самышев
отп. Хандышко
5.02.1981 г.
Черновик уничтожен