

УДК 551.465+595.34(269.5)

**ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ФАУНИСТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
БИОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ГРАНИЦ В ТИХООКЕАНСКОМ
СЕКТОРЕ ЮЖНОГО ОКЕАНА**

А. Г. Наумов

Первая попытка провести биогеографическое деление Южного океана по планктону была предпринята К. А. Бродским в 1959 г. В дальнейшем К. А. Бродский (1964) значительно уточнил эту схему. Нами была сделана попытка проследить зависимость распространения и распределения руководящих форм копепод в Тихоокеанском секторе Южного океана от гидрологических условий. Послойные ловы планктона и данные о распределении основных гидрологических характеристик в исследованном районе помогли нам изучить структуру биогеографических границ между Антарктической и Нотальной и Нотальной и Тропической областями и выделенной нами на основании собственных данных и данных К. В. Беклемишева (1958) высокоантарктической под-области и низкоширотной частью Антарктической области.

В данной статье, помимо ранее опубликованных данных (Наумов, 1962), использованы данные камеральной обработки материалов, собранных К. А. Бродским и нами в третьей Советской Антарктической экспедиции АН СССР на дизельэлектроходе «Обь» сетью Джудея диаметром 37/50 из газа № 38.

СТРУКТУРА ГРАНИЦЫ АНТАРКТИЧЕСКОЙ И НОТАЛЬНОЙ ОБЛАСТЕЙ

Северной границей Антарктической биогеографической области является фронтальная зона антарктической конвергенции. Именно гидрологическая структура этой зоны в сочетании с важнейшими экологическими требованиями руководящих видов планктона к среде (Наумов, статья опубликована в настоящем сборнике) и определяет биологическую структуру границ Антарктической и Нотальной биогеографических областей.

В районе фронтальной зоны антарктической конвергенции видовой состав фауны и флоры резко не меняется. Так, в верхних слоях воды обитают здесь нотальные виды, а в нижних — антарктические. Если на карте спроектировать распространение нотальных и антарктических видов, то северная часть ареалов антарктических видов будет совпадать с южной частью ареалов нотальных видов (в первую очередь с распространением наиболее массового нотального вида — *Calanus simillimus*). В результате этого на карте получится «зона смешения», имеющая различную протяженность с севера на юг в разных частях

Тихоокеанского сектора. Нетрудно заметить, что ширина этой зоны зависит от крутизны опускания вод поверхностной антарктической водной массы в районе фронтальной зоны антарктической конвергенции, т. е. от степени выраженности этого фронта.

Учитывая, что главным фактором внешней среды, определяющим распространение антарктических и нотальных видов планктона, является температура воды, проанализируем температурный «фон» и распределение видов разной биогеографической принадлежности на двух разрезах, сделанных в Тихоокеанском секторе Южного океана через районы фронтальной зоны антарктической конвергенции (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Распределение температуры (°C) по горизонтам

Горизонт, м	№ станции													
	разрез по 160° з. д.							разрез по 109°20' з. д.						
	385	386	387	388	389	390	391	409	410	411	412	413	414	415
0	1,78	2,46	3,19	4,15	5,39	6,79	8,81	0,85	2,44	2,81	3,29	4,08	5,83	7,26
25	1,76	2,24	3,19	4,16	5,33	6,79	8,84	0,85	2,41	2,81	3,28	4,06	5,84	7,27
50	1,71	2,45	3,18	4,17	5,33	6,73	8,86	0,89	2,44	2,83	3,29	3,92	5,87	7,30
100	-0,01	1,14	3,05	4,06	5,16	5,83	8,91	-0,51	2,08	2,69	2,81	3,65	6,10	7,31
200	1,52	0,98	1,60	1,71	2,84	4,82	6,79	0,17	1,58	0,98	1,81	2,45	4,58	5,60
500	1,82	2,19	2,27	2,46	2,66	3,86	5,56	1,98	1,87	2,05	1,90	2,48	3,53	4,90

В табл. 2 не учтено распространение *Oithona siillis*, которая почти одинаково часто встречается и в антарктических и в нотальных водах.

Биогеографическую приуроченность видов определяли по нашим данным и нашей методике (Наумов, настоящий сборник).

Зона смещения антарктической и нотальной фаун оказывается в действительности значительно уже своей проекции на плоскость океанской поверхности и расположена наклонно к ней. К сожалению, при облове по стандартным горизонтам теряются из виду границы водных масс, что затрудняет их точное определение границ распространения видов. Однако даже уже приведенные данные позволяют утверждать, что действительная зона смещения антарктической и нотальной фаун расположена наклонно к поверхности океана, параллельно границе

Таблица 2

Соотношение антарктических и нотальных видов (%) в районе фронтальной зоны антарктической конвергенции

Слой, м	№ станции						
	разрез по 160° з. д.						
	385	386	387	388	389	390	391
0—25	100A	100A	100H	100H	100H	100H	100H
25—50	100A	90A	42A	80A	53A	100H	100H
		10H	58H	20H	47H		
50—100	100A	97A	39A	61A	100H	100H	100H
		3H	61H	39H			
100—200	100A	100A	75A	71A	Нет данных	99H	100H
			25H	29H	То же	0,7A	
200—500	100A	100A	100A	98A	»	5A	100H
				2H		95H	

Слой, м	№ станции						
	разрез по 109°20' з. д.						
	409	410	411	412	413	414	415
0—25	100А	97Н	100Н	57Н	100Н	100Н	100Н
25—50	100А	90Н	10Н	70Н	97Н	100Н	100Н
		10А	90А	30А	3А		
50—100	100А	50Н	70Н	60Н	54Н	97Н	100Н
		50А	30А	40А	46А	3А	
100—200	100А	22Н	13Н	27Н	89Н	99Н	100Н
		78А	87А	73А	11А	1А	
200—500	100А	100А	99,5А	100А	78А	63А	100Н
			0,5Н		22Н	37Н	

Примечание. А — виды антарктических вод: *Calanus propinquus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Stenocalanus vanus*, *Paraeuchaeta antarctica*, *Oithona frigida* и др. Н — виды нотальных вод: главным образом *Calanus simillimus*, а также *Clansocalanus laticeps*, *Cl. arcuicornis*, *Metridia lucens*, *Pleuromamma robusta*.

раздела водных масс, взаимодействующих в районе фронтальной зоны антарктической конвергенции, и занимает сравнительно узкую полосу. На разрезе по 109°20' з. д. верхняя часть зоны смешения по протяженности значительно превосходит свою нижнюю, глубинную часть. Это является, по-видимому, следствием меридионального переноса поверхностных вод. При этом в полосе смешения существенную роль играет и турбулентное перемешивание.

Совершенно другая картина наблюдалась в распределении видов на разрезе по 160° з. д. Здесь в верхнем 25-метровом слое не было смешения антарктических и нотальных видов. Рассматривая табл. 1, можно заметить, что если на разрезе по 109°20' з. д. разность поверхностной температуры на смежных станциях составляет примерно 0,4°С, то на разрезе по 160° з. д. она достигает (между станциями 386 и 387) 0,73°С и лежит как раз в пределах температурных границ распространения антарктических видов (Наумов, настоящий сборник). Видимо, этим и объясняется большая «резкость» перехода в этом районе от антарктической к нотальной фауне. Сама зона смешения попадает здесь в промежуток между двумя станциями, расположенными друг от друга на расстоянии двух градусов широты.

Таким образом, выясняется структура зоны смешения в районе антарктической конвергенции (рис. 1). Она представляет собой узкую полосу, наклоненную к поверхности океана, идущую параллельно разделу водных масс. На рис. 1 показана проекция этой наклонной полосы на поверхность океана, занимающая значительно большее пространство, чем действительный объем этой зоны.

СТРУКТУРА ГРАНИЦЫ НОТАЛЬНОЙ И ТРОПИЧЕСКОЙ БИОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ

Вторая зона смешения фауны и флоры в Тихоокеанском секторе Южного океана наблюдается в районе субантарктической дивергенции. Она была установлена советскими учеными сначала теоретически, а потом обнаружена практическими наблюдениями в том же экспедиционном рейсе (Иванов, 1959, 1961). Строго говоря, эта фронтальная зона не является северной границей Нотальной области, главным образом, из-за своего прерывистого характера (Иванов и Тареев, 1959;

Иванов и Нейман, 1965). По-видимому, в тех районах, где нет характерного для зоны дивергенции подъема вод, нотальная фауна и флора продвигается еще на некоторое расстояние к северу, вплоть до фронтальной зоны субтропической конвергенции, которая является сплошным фронтом раздела водных масс. Однако фронтальная зона субантарктической дивергенции играет огромную роль в расселении орга-

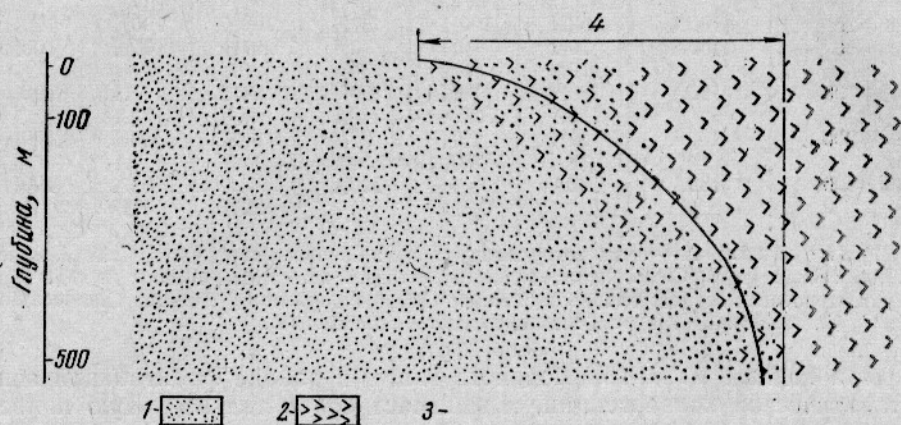


Рис. 1. Схема структуры зоны смешения в районе фронтальной зоны Антарктической конвергенции:

1 — воды, населенные антарктической фауной; 2 — воды, населенные нотальной фауной; 3 — фронт опускания поверхностной антарктической водной массы; 4 — проекция зоны смешения на плоскость карты.

низмов, обитающих в двух сопредельных зонах. Это объясняется в первую очередь относительной близостью ее к тропическим водным массам и ее структурой. Для анализа структуры зоны смешения фауны нотального и тропического происхождения нами сопоставлялся температурный фон и распространение видов планктонных организмов (табл. 3 и 4).

Из данных табл. 3 видно, что в отличие от зоны смешения в районе антарктической конвергенции, зона смешения в водах субантарктической дивергенции располагается во всей толще смешанных нотальных (северная часть поверхностной антарктической водной массы) и тропических вод. Проекция этой зоны на поверхность океана соответствует или почти соответствует тому, что наблюдалось во всей 500-метровой толще вод.

Таблица 3

Распределение температуры в районе субантарктической дивергенции

Горизонт, м	№ станции						
	разрез по 160° з. д.			разрез по 109°20' з. д.			
	392	393	394	417	418	419	420
0	10,70	11,37	12,41	8,74	8,61	9,69	11,39
25	10,63	11,39	12,42	8,75	8,61	9,64	11,39
50	10,63	11,39	12,22	8,77	8,63	9,51	11,38
100	10,64	10,08	10,01	7,00	6,54	7,21	9,76
200	9,38	9,31	8,93	6,23	6,33	6,40	7,26
500	7,09	7,70	7,42	5,25	5,50	5,63	6,05

Таблица 4

Распределение видов планктона (в %) в районе фронтальной зоны субантарктической дивергенции

Слой, м	№ станций						
	разрез по 160° з. д.			разрез по 109°20' з. д.			
	392	393	394	417	418	419	420
0—25	82Н 18Т	97Н 3Т	100Т	10Н 90Т	100Т	} В слое 0—100 3Н 100Т 97Т	
25—50	67Н 33Т	43Н 47Т	20Н 80Т	50Н 50Т	8Н 92Т		
50—100	20Н 80Т	60Н 40Т	20Н 80Т	10Н 90Т	100Т		
100—200	50Н 50Т	32Н 68Т	100Т	100Т	10Н 90Т	Нет данных	
200—500	60Н 40Т	41Н 59Т	Нет данных То же	100Т	100Т	То же	

Примечание. Н — те же нотальные виды, что и в табл. 2. Т — тропические виды *Sapphirina* sp. sp., *Calocalanus plumulosus*, тропические виды рода *Oncaea*, *Nannocalanus* minor и др.

Количество тропических видов по направлению с севера на юг повышается здесь более или менее равномерно и практически не зависит от глубины слоя облова. Правда, на разрезе по 160° з. д. на южных станциях этой зоны в верхних слоях воды резко преобладали нотальные виды, тогда как в поверхностном слое на разрезе по 109°20' з. д. — тропические виды. Это объясняется, во-первых, частными чертами

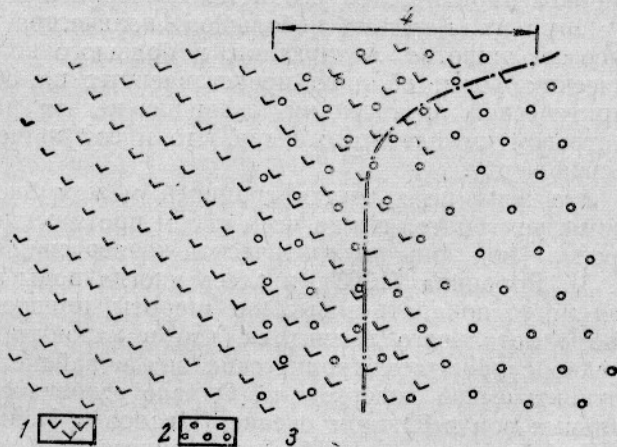


Рис. 2. Схемы структуры зоны смещения в районе фронтальной зоны субантарктической дивергенции:

1 — воды, населенные нотальной фауной; 2 — воды, населенные фауной тропического происхождения; 3 — граница ядер водных масс; 4 — проекция зоны смещения на плоскость карты.

динамики вод в этих районах (возможно, сгонными ветровыми поверхностными течениями) и, во-вторых, самой структурой вод. Дело в том, что на месте подъема глубинных вод из-за близости тропических водных масс, расположенных несколько севернее, происходит их глубинный прорыв в южном направлении. Эти воды как бы замещают воды нотального генезиса, поднявшиеся к поверхности. Таким образом, основное смешение вод происходит в подповерхностных слоях (от 100—200 до 700—1000 м) и уже оттуда распространяется в поверхностные и возможно более глубокие слои воды.

Интересно отметить, что субантарктическая дивергенция, прерывая распространение всех нотальных видов, является границей распространения только наиболее stenothermного вида *Calanus simillimus*, тогда как некоторые другие виды нотальных вод, правда в значительно меньшем количестве, проникают и дальше к северу. Так, оба вида рода *Clausocalanus* и *Pleuromamma robusta* на станциях, лежащих за пределами этой фронтальной зоны к северу (станции 394 и 420), составляют соответственно 20 и 3% от общей численности планктонных видов копепод.

Таким образом выясняется структура зоны смешения в районе фронтальной зоны субантарктической дивергенции (рис. 2). Она представляет собой довольно широкую полосу, захватывающую практически весь 500-метровый слой (как минимум) пелагиали Тихоокеанского сектора Южного океана.

СТРУКТУРА ФАУНИСТИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ВО ФРОНТАЛЬНОЙ ЗОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ДИВЕРГЕНЦИИ

Из фронтальных зон, исследованных в третьем рейсе дизельэлектротохода «Обь», фронтальная зона антарктической дивергенции, к сожалению, изучена в этом отношении наименее детально. Для подробного анализа распространения планктонных видов здесь и по обе стороны от этой фронтальной зоны не было достаточно данных. Особенно это относится к сборам южнее антарктической дивергенции — в высоких широтах.

Имеющиеся данные позволяют лишь предположить, что и здесь в распространении антарктических видов, которые можно подразделить на высокоантарктические (главным образом *Metridia gerlachei*) и широкоантарктические, создается своеобразная зона смешения. Однако эту зону из-за весьма небольшого количества видов, приуроченных к высоким широтам Антарктики, и большого количества широкоантарктических форм, обильно представленных по обе стороны фронта антарктической дивергенции, очевидно нельзя назвать зоной смешения в строгом смысле этого слова, что и составляет ее главную специфическую черту.

Эта зона не является границей между биогеографическими областями, тем более, что на всем своем протяжении она далеко отстоит от фронтальной зоны антарктической конвергенции. Правда, как показала Н. М. Воронина (1963), и здесь иногда воды нотального происхождения могут попадать в высокие широты, принося с собой значительные массы нотального планктона, что в какой-то степени принципиально сходно с прорывом тропических вод в районе фронтальной зоны субантарктической дивергенции. Однако особенности расположения фронтальных зон в Южном океане (Иванов и Нейман, 1965) и специфика фауны Антарктической биогеографической области и ее высокоширотной части влияют на фаунистический характер этой зоны. Смешение видов, относящихся к разным биогеографическим областям (Антарктической и Нотальной), происходит здесь лишь эпизодически при наличии доступа в высокие широты вод из Нотальной области (Wirtky, 1960; Воронина, 1963).

Дальнейшее изучение пелагиали антарктических вод, видимо, позволит более детально охарактеризовать эту зону с фаунистической стороны.

Устаревшие и неточные гидрологические данные приводили к тому, что ареалы видов, обитающих фактически только по одну сторону

от фронтальной зоны, определялись как захватывающие две биогеографические области.

Современное состояние знаний гидрологии акватории Южного океана делает доступной детализацию фаунической структуры фронтальных зон, что по мере возможности и сделано в настоящей статье.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Беклемишев К. В. Биогеографическая природа некоторых видов Антарктической зоны.— ДАН СССР, 1958, т. 120, № 3, с. 507—509.
- Бродский К. А. О биполярном распространении некоторых представителей планктона (Calanoida). Информ. Бюлл. Сов. ант. эксп. № 6, 1959, с. 35—39.
- Бродский К. А. и Наумов А. Г. Исследования планктона. Труды Сов. ант. эксп., т. 19, Л., 1961, с. 238—250.
- Воронина Н. М. Зависимость положения и характера границ пелагиали Южного океана от гидрометеорологических условий. Сообщение I. Границы между Антарктической и Субантарктической областями.— «Океанология», 1963, № 2, с. 285—246.
- Иванов Ю. А. Сезонная изменчивость антарктического Циркумполярного течения.— ДАН СССР, 1959, т. 127, № 1, с. 74—77.
- Иванов Ю. А. О фронтальных зонах в антарктических водах.— В сб.: «Океанологические исследования» (X раздел программы МГТ). М., 1961, № 3, с. 30—51.
- Иванов Ю. А., Тареев Б. А. К вопросу о структуре зоны антарктической дивергенции. «Известия АН СССР. Серия геогр.», 1959, № 6, с. 82—89.
- Иванов Ю. А., Нейман В. Г. Фронтальные зоны Южного океана. Антарктика. Доклады междуведомственной комиссии по изучению Антарктики, 1964 г. АН СССР. М., «Наука», 1965, с. 176—178.
- Фронтальные зоны и биогеографическое деление по планктону поверхностных вод (0—500 м) южной части Тихого океана.— «Труды ИОАН», 1962, т. 58, с. 54—56. Авт.: А. Г. Наумов, В. В. Зернова, Ю. А. Иванов, Б. А. Тареев.
- Наумов А. Г. Экологическая характеристика руководящих видов Calanoida Тихоокеанского сектора Южного океана.— «Труды ВНИРО», 1973, т. 84, вып. 4, с. 143—147.

Hydrological and faunistic structure of biogeographical boundaries in the Pacific sector of the Southern Ocean.

Naumov A. G.

SUMMARY

A by-layer distribution is considered of some dominant species of copepods of the Antarctic and Notalian complexes and of tropical species along the boundaries of biogeographical regions. The distribution of planktonic species is correlated with the hydrological structure of waters in the frontal zones which make up biogeographical boundaries.

The biogeographical boundary in the area of the Antarctic convergence and the zone of mixing along it are located on an inclined plane. The extent of its projection on the map from north to south depends on the angle of inclination of the surface dividing the nuclei of the interacting water masses.

The biogeographical boundary in the area of Subantarctic Divergence—Subtropical Convergence is of a different character owing to the penetration of tropical waters into the area of Subantarctic Divergence. It is located more or less vertically, the zone of mixing comprising, in fact, all the layers of surface water (0—500 m).