

УДК 551.465 : 577.475 (269.43) (269.46)

**ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ  
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОЗООПЛАНКТОНА  
В ПРИАНТАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ АТЛАНТИКИ****В. В. Масленников**

Обнаруженные в море Скотия и в прилегающих водах концентрации *Euphausia superba* Dana располагаются относительно узким поясом, окаймляя море с юга, востока и северо-востока (Шевцов, Макаров, 1969; Макаров, 1970, 1971). Именно таким образом распространяются здесь воды из моря Уэдделла. Такое совпадение не случайно и

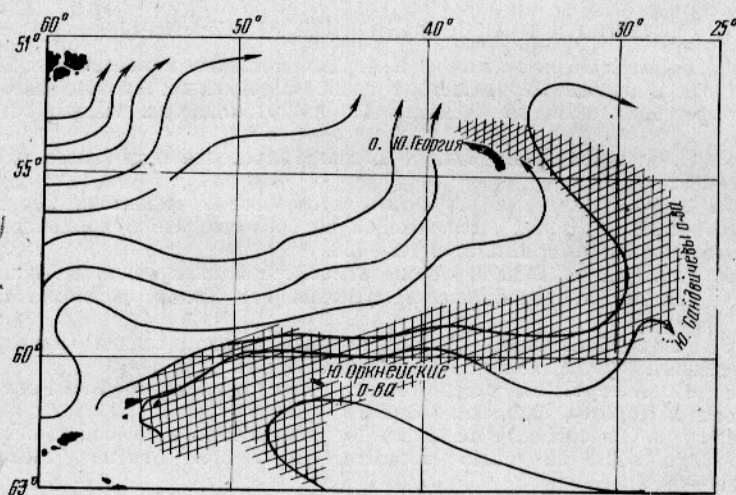


Рис. 1. Схема геострофических течений на поверхности моря (по Гордону и Ботникову). Заштрихована область распространения вод моря Уэдделла.

объясняется оно выносом рачков из моря Уэдделла (Магг, 1962). На рис. 1 показана схема геострофической циркуляции в районе моря Скотия. Особый интерес вызывают участки, характеризующиеся наиболее четко выраженной возмущенностью поля течений. К таким участкам относятся: вторичная фронтальная зона между двумя разновидностями антарктических вод — водами Циркумполярного течения и водами моря Уэдделла; район круговоротов, образующихся над цепью подводных возвышенностей на южной периферии моря Скотия к востоку от Южных Оркнейских островов; «теневые» заостренные зоны к

северо-западу, северу и северо-востоку от Южных Оркнейских островов и о-ва Южная Георгия.

Построения карт динамической топографии для данного бассейна проводились на основании данных, осредненных за более или менее длительный ряд лет (Mosby, 1934; Deacon, 1937; Gordon 1967; Ботников, 1969). Эти данные важны, так как они отражают среднюю характеристику поля установившихся течений. Однако изучение закономерностей распределения биологических объектов требует знания изменчивости течений, т. е. знания конкретных динамических ситуаций. С этой точки зрения весьма интересны исследования, проведенные на НПС «Академик Книпович» в конце лета — начале осени 1965 и 1967—1970 гг., а также зимой и весной 1971 г. Съёмки не охватывают всю акваторию моря, а освещают лишь отдельные его участки. Все же по ним возможно проследить некоторые изменения, происходящие год от года.

Динамические расчеты проводились от поверхности 1000 дцб, за исключением 1968 г., когда расчет пришлось вести от поверхности 200 дцб.

Чтобы попытаться дать количественную оценку залива вод моря Уэдделла в пределы южной части моря Скотия, были вычислены площади, занимаемые ими, в процентах по отношению к площади, ограниченной параллелями 59° ю. ш. и 61° ю. ш. и меридианами 41° з. д. и 48° з. д. (таблица). Данный участок акватории выбран в качестве контрольного, так как здесь хорошо проявляется взаимодействие двух динамических систем — Антарктического Циркумполярного течения и течения моря Уэдделла.

Отклонения от нормы средних месячных значений температуры воздуха на Южных Оркнейских островах в 1928—1970 гг.

Месяц	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	1933/34	1964/65	1965/66	1966/67	1967/68	1968/69	1969/70
Декабрь	-0,7	0,0	-0,3	-0,7	-0,6	-1,4	+1,4	+0,5	+0,1	+0,5	+1,4	+1,3
Январь	-1,2	0,0	+1,1	+0,1	-0,3	0,0	+2,0	+1,0	-0,2	+1,0	+1,3	-0,5
Февраль	-1,2	-0,3	-0,7	-0,4	-0,6	-1,2	+2,5	-0,3	+0,5	+0,9	+1,1	—
Март	-1,8	-0,5	-1,2	-0,3	+0,3	-0,8	+2,4	+1,2	+1,6	+0,2	-1,1	-1,8
Апрель	-2,3	-3,7	-1,1	+0,8	-0,4	+0,6	+2,5	+0,5	+1,9	+1,2	+0,5	+0,1
Средняя аномалия за лето (XII—III)	-1,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,8	+2,1	+0,6	+0,5	+0,6	+0,7	-0,3
Площадь, занятая водами моря Уэдделла (в % от площади контрольного участка)							29	—	69	68	57	75

*Южная периферия моря Скотия.* 1965 г., лето. Главной особенностью схемы поверхностных геострофических течений является отсутствие четкой циркуляционной связи моря Скотия с морем Уэдделла. Этот сезон характеризовался более или менее значительным ослаблением адвекции вод с юга, что сопровождалось повышенным тепловым состоянием всего летнего сезона. Температура воздуха и температура воды свидетельствуют об условиях, характерных для очень теплых лет.

Летний сезон 1965 г. можно охарактеризовать как исключительно теплый (см. таблицу). За весь период метеорологических наблюдений такое теплое лето наблюдалось впервые на Южных Оркнейских островах. Вторичная фронтальная зона, разделяющая воды моря Уэдделла

и Антарктического Циркумполярного течения, занимала крайнее южное положение (рис. 2) по сравнению с ее положением во время съемок других лет (Богданов и др., 1969; Солянкин, 1969). Воды моря Уэдделла охватывали лишь 29% площади контрольного участка (см. таблицу).

В районе подводных возвышенностей, судя по динамической карте, распространялись воды Антарктического Циркумполярного течения. Ослабление напряжения потока вод моря Уэдделла, характерное для лета 1965 г., проявилось и здесь.

1967 г., лето. Летний сезон 1967 г. был холоднее, чем в 1965 г. (см. таблицу). На фоне же среднесезонных величин температуры воздуха можно считать, что лето 1967 г. было в пределах нормы (за исключением теплого марта). Взаимосвязь процессов в атмосфере и океане должна была проявиться в данном случае в увеличении напря-

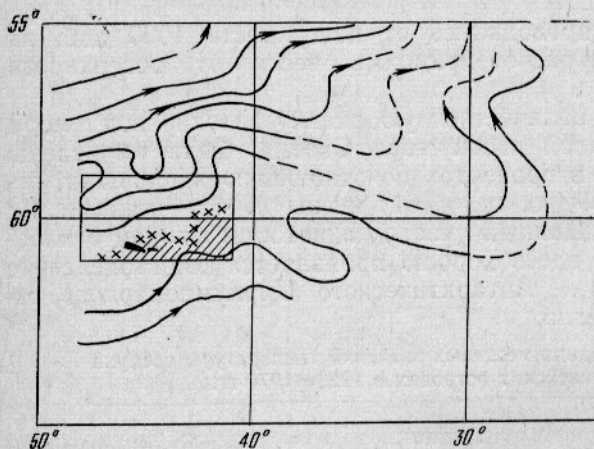


Рис. 2. Схема геострофических течений на поверхности моря и положение вторичной фронтальной зоны летом 1965 г. Заштрихована площадь, занятая водами моря Уэдделла в пределах контрольного участка.

жения потока вод из моря Уэдделла по сравнению с 1965 г. Так и произошло. Циркуляционная связь между морем Скотия и морем Уэдделла была выражена хорошо. Вторичная фронтальная зона занимала более северное положение, чем летом 1965 г. Воды моря Уэдделла охватывали уже 69% площади контрольного участка (см. таблицу).

К северо-западу и северо-востоку от Южных Оркнейских островов формировались очаги круговоротов воды, приуроченные ко вторичной фронтальной зоне и определяемые характером рельефа дна.

1968 г., лето. По тепловому состоянию лето 1968 г. в районе южной части моря Скотия можно отнести к теплым (см. таблицу). По абсолютной величине, однако, аномалии были значительно меньше, чем в исключительно теплом 1965 г. Лето 1968 г. мало отличалось по тепловому состоянию от лета 1967 г. Изменение положения вторичной фронтальной зоны было также незначительно. Везде она несколько сместилась на юг по сравнению с 1967 г., хотя на контрольном участке площадь, занятая водами моря Уэдделла, уменьшилась лишь на 1% (см. таблицу).

1969 г., лето. О тепловом состоянии лета 1969 г. можно судить по аномалиям среднемесячных температур воздуха на Южных Оркнейских островах (см. таблицу). Съемка была проведена в конце февраля — марта. Наблюдалось относительно глубокое проникновение в южную и юго-восточную части моря Скотия вод моря Уэдделла (57% от площади контрольного участка) в сочетании с повышенной температурой поверхностных вод.



1970 г., лето. В 1970 г. работы в южной части моря Скотия были ограничены районом Южных Оркнейских островов. Поиск проводился здесь только в конце марта — начале апреля, т. е. еще позже, чем в 1969 г.

Пониженный тепловой фон летнего сезона 1970 г. сопровождался усилением адвекции вод моря Уэдделла (рис. 3). Они занимали 75% площади контрольного участка (см. таблицу).

Итак, мы проанализировали несколько карт горизонтальной циркуляции в южной части моря Скотия и сопоставили их с тепловым состоянием данных сезонов. С потеплением отмечается ослабление адвекции вод из моря Уэдделла в южную часть моря Скотия. Похолодание же сопровождается ее усилением (см. рис. 3).

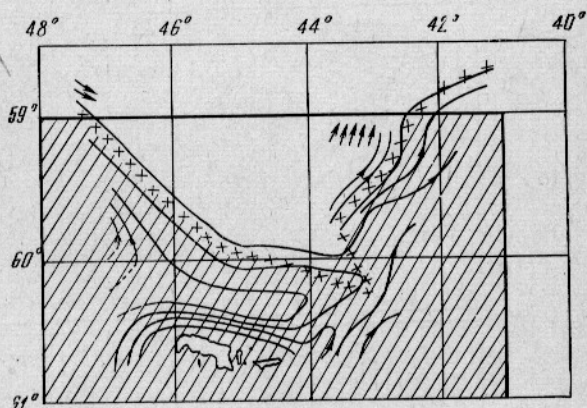


Рис. 3. Схема геострофических течений на поверхности моря и положение вторичной фронтальной зоны летом 1970 г. (по Солянкину). Заштрихована площадь, занятая водами моря Уэдделла в пределах контрольного участка.

Анализ всех имеющихся метеорологических наблюдений на Южных Оркнейских островах (1903—1970 гг.) свидетельствует о том, что с 1951 по 1969 г. (за исключением 1953 и 1958 гг.) здесь отмечались теплые летние сезоны (положительные аномалии среднемесячных температур воздуха). Съемки, результаты которых рассматривались выше (за исключением 1970 г.), попали как раз на этот длительный климатический период, характеризующийся значительным потеплением. Принимая во внимание установленную взаимосвязь между тепловым состоянием сезона и распространением южных вод, мы приходим к выводу, что это были годы минимального распространения вод моря Уэдделла в море Скотия.

С другой стороны, в годы с холодными летними сезонами (отрицательные аномалии среднемесячных температур воздуха) должно происходить усиление адвекции уэдделловских вод. К таким годам можно отнести 1911—1913, 1929—1934, 1942—1943 и 1945—1950.

**Район о-ва Южная Георгия.** Уменьшение проникновения вод моря Уэдделла в южную часть моря Скотия сказалось на характере динамики вод в районе о-ва Южная Георгия. Выражается это, прежде всего, в отсутствии четко выраженного залива вод моря Уэдделла в пределы островного шельфа. Шельфовые воды генетически связаны с Антарктическим Циркумполярным течением, а не с течением из моря Уэдделла. Все же адвекция южных вод в пределы шельфа происходит в значительной степени благодаря ветровому дрейфу.

Изменчивость среднемесячной температуры воздуха на о-ве Южная Георгия, т. е. увеличение или уменьшение повторяемости ветров южных румбов, оказалась весьма чутким индикатором проникновения в шельфовую зону вод южного происхождения (трансформированных

вод моря Уэдделла). Последнее проявляется в изменениях температуры воды, содержания кремнекислоты.

Анализ 14 динамических карт, построенных по данным разных лет и сезонов, позволил выявить 3 типа горизонтальной циркуляции в приостровном районе. Их общей чертой является наличие потока вод северо-западного направления. Летом 1965, 1967 и 1968 г. он был более или менее сильно прижат к берегу. За пределами островного склона над большими глубинами в обратном (юго-восточном) направлении распространялся поток Антарктического Циркумполярного течения. Между ними формировалась зона, характеризовавшаяся наличием большого числа разного знака круговоротов и завихрений. Располагалась она над шельфом и островным склоном.

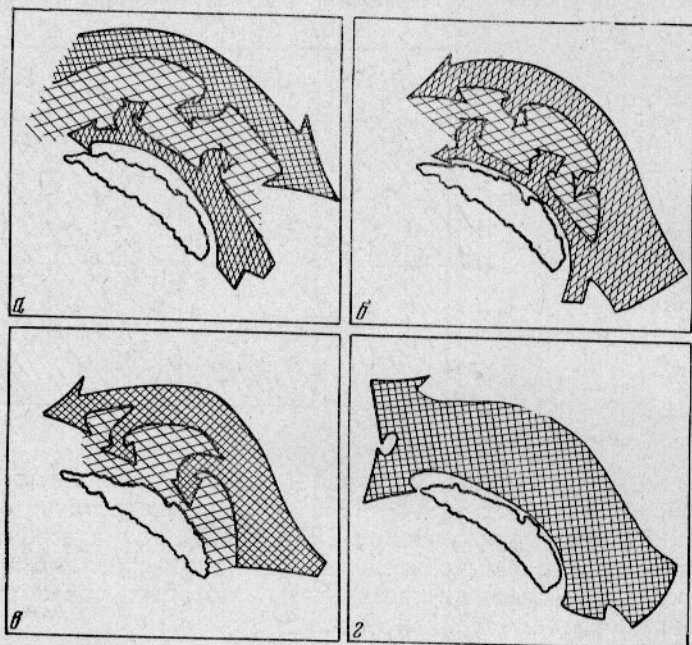


Рис. 4. Типы горизонтальной циркуляции в районе о-ва Ю. Георгия:

а — 1-й тип; б — 2-А тип; в — 2-Б тип; г — 3-й тип. Заштрихованы зоны круговоротов и завихрений.

Поток северо-западного направления может значительно отклониться от побережья и распространяться за пределами шельфа над островным склоном и над большими глубинами. В таком случае могут наблюдаться два подтипа. При одном из них прибрежный поток существует и имеет также северо-западное направление. Выражен он нечетко и связан с южными перифериями формирующихся над шельфом циклонических круговоротов. Это будет 2-А тип (рис. 4, б). Наблюдался он весной 1930 г., летом 1970 г., зимой 1971 г. и летом 1972 г. В другом случае прибрежный поток либо исчезает совсем, либо имеет противоположное (юго-восточное) направление в силу образования над шельфом антициклонических круговоротов воды (рис. 4, в). Такой тип циркуляции назовем 2-Б (летс 1927, 1928, 1929 и 1930 гг.). В обоих случаях сохраняется зона круговоротов и завихрений.

Наконец, вся зона шельфа и островного склона может быть охвачена единым потоком северо-западного направления. Это 3-й тип го-

ризонтовой циркуляции (наблюдался он в трех случаях из 14), характеризующийся отсутствием зоны (рис. 4, з) (Богданов, Солянкин, 1970). Кака-я-либо четкая связь между формированием каждого из типов циркуляции и тепловым состоянием сезона или месяца, в течение которого производилась съемка, не выявилась. Можно лишь констатировать, что формирование 3-го типа циркуляции сопровождается повышенным тепловым фоном относительно многолетней нормы. Так, август и сентябрь 1928 г. были теплее нормы соответственно на 1,2 и 0,7°С, а февраль 1969 г. — на 1,4°С. Более того, февральской съемке 1969 г. предшествовал длительный период положительных аномалий среднемесячной температуры воздуха (с июня 1968 г. по февраль 1969 г.).

### Выводы

1. С потеплением отмечается ослабление адвекции вод из моря Уэдделла в южную часть моря Скотия. Похолодание, напротив, сопровождается ее усилением. Концентрации *E. superba* в южной части моря смещаются вместе с вторичной фронтальной зоной, располагаясь с южной стороны от нее.

2. Выделены три типа горизонтальной циркуляции в районе острова Ю. Георгия, определяющие наличие или отсутствие зоны круговоротов и завихрений в пределах шельфа. Наличие такой зоны (типы 1-й и 2-А, Б) способствует образованию здесь концентраций *E. superba*. Отсутствие ее (тип 3) приводит к выносу рачков.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов М. А., Орадовский С. Г., Солянкин Е. В., Хвацкий Н. В. О фронтальной зоне в море Скотия. — «Океанология», 1969, т. 9, вып. 6, с. 966—974.

Богданов М. А., Солянкин Е. В. Изменчивость количества *Euphausia superba* Dana в районе о. Южная Георгия в связи с особенностями гидрологического режима. — «Океанология», 1970, т. 10, вып. 4, с. 695—701.

Ботников В. Н. Нулевая поверхность и циркуляция вод в проливе Дрейка в летний период. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1969, вып. 32, с. 5—13.

Макаров Р. Р. О раздельном существовании возрастных групп антарктического криля. — «Информационный бюллетень Советской антарктической экспедиции», 1970, № 77, с. 20—24.

Макаров Р. Р. Некоторые данные о составе популяции и размножении *Euphausia superba* Dana. — «Океанология», 1971, т. 11, вып. 1, с. 90—98.

Масленников В. В. О влиянии динамики вод на распределение *Euphausia superba* Dana в районе о. Южная Георгия. — «Труды ВНИРО», 1972, т. 75, с. 107—117.

Солянкин Е. В. Об изменчивости положения фронтальной зоны в море Скотия. — «Мировое рыболовство», 1969, № 11, с. 42—48.

Шевцов В. В., Макаров Р. Р. К биологии антарктического криля. — «Труды ВНИРО», 1969, т. 66, с. 177—206.

Deacon G. E. The Hydrology of the Southern Ocean. Discovery Reports, 1937. vol. 15. pp. 77.

Gordon A. L. Structure of Antarctic Waters between 20° W and 170° W. Antarctic Map Folio series, Amer. Geogr. Soc., New York, 1967, pp. 1—10.

Marr J. W. S. The natural history and geography of the antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Reports, 1962. vol. 32, pp. 33—464.

Mosby H. The waters of the Atlantic Antarctic ocean. Results of the Norwegian Antarctic Expedition 1927—1928. N 11, Det Norske Videnskaps Akademi i Oslo, 1934, pp. 130.



*Peculiarities of horizontal circulation and distribution of  
macrozooplankton in the pre-Antarctic Atlantic*

V. V. Maslennikov

SUMMARY

Peculiarities of the horizontal circulation in the southern part of the Sea of Scotia associated with annual fluctuations in the distribution of waters from the Weddell Sea and fluctuations in the meandering of the secondary frontal zone, are discussed. It has been ascertained that the advection of the Weddell sea waters is slackened in warmer years and, in contrast, it is strengthened in cooler years.

For the South Georgia waters, a total of three types of horizontal circulation are distinguished. Their common feature is the presence of northwesterly flows. The first and second types are characterized with the presence of extensive zones of gyres and eddies over the shelf and insular slope.

Such a zone is absent in the third type of circulation.

The effect of the water dynamics on the distribution of *E. superba* Dana is considered.