

УДК 551.465 : 595.383.1 (269.43)

**О ДИНАМИКЕ ВОД И КОНЦЕНТРАЦИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО  
КРИЛЯ (*EUPHAUSIA SUPERBA DANA*) В ЮЖНОЙ ЧАСТИ  
МОРЯ СКОТИЯ****Н. В. Хвацкий**

Исследовательские работы, проведенные на научно-промысловом судне «Академик Книпович» в 1965 и 1967—1969 гг. и результаты экспедиций АтлантНИРО (1962—1965 гг.) позволили установить, что в море Скотия антарктический криль (*Euphausia superba Dana*) встре-

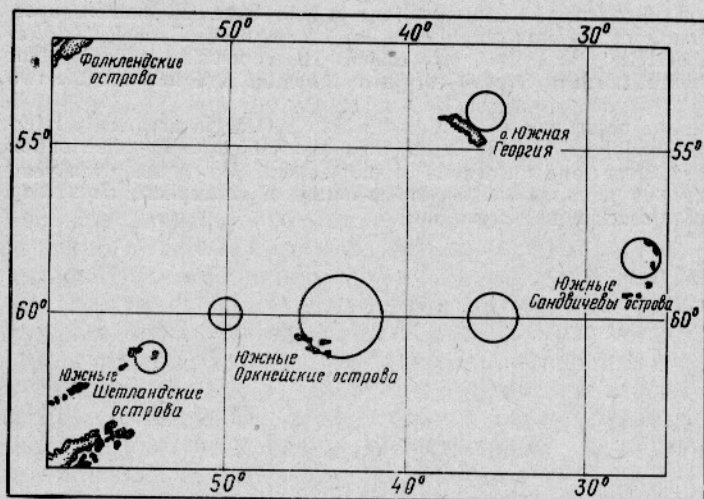


Рис. 1. Районы концентрации антарктического криля в море Скотия.

чается повсюду южнее зоны антарктической конвергенции. Однако его основные промысловые скопления находятся в южной части этого моря и в районе о. Южная Георгия\* (рис. 1).

В южной части моря Скотия промысловые концентрации криля приурочены в основном к зоне смешения вод Антарктического циркумполярного течения (течения западных ветров) и вод моря Уэдделла и к району подводных возвышенностей, расположенному между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами. При этом основным районом массовых скоплений антарктического криля в зоне смешения

\* Район о. Южная Георгия рассматривается В. В. Масленниковым (статья публикуется в настоящем сборнике).

является, по нашему мнению, район Южных Оркнейских островов\*.

Скопления антарктического криля были встречены также в районе Южных Шетландских островов, между Южными Шетландскими и Южными Оркнейскими островами и в районе Южных Сандвичевых островов — к западу от их центральной части. Но все эти скопления по своим размерам значительно уступали концентрациям криля в районе Южных Оркнейских островов и в районе подводных возвышенностей.

Исследования, проведенные на научно-промысловом судне «Академик Книпович», расширили наши знания гидрологического режима моря Скотия и прилегающих к нему районов и показали, что в образовании промысловых скоплений антарктического криля определенная роль принадлежит динамике вод.

Море Скотия занято в основном водами Антарктического циркумполярного течения, которые поступают сюда через пролив Дрейка и имеют генеральное направление на восток-северо-восток; достигнув центральной части моря, они направляются на северо-восток и, обгибая Южные Сандвичевы острова, следуют далее на восток. С юга в море Скотия входят воды моря Уэдделла, причем основная их масса поступает, по-видимому, восточнее Южных Оркнейских островов. Это подтверждается данными о рельефе дна: если к западу от Южных Оркнейских островов подводный порог образует горные хребты субширотного направления, то восточнее островов преобладают геологические структуры субмеридионального направления (Авилов, Гершанович, 1969). Косвенным подтверждением поступления вод из моря Уэдделла служит также большое количество айсбергов (до 100 в пределах видимости), встреченных в этом районе во время рейсов научно-промыслового судна «Академик Книпович», тогда как между Южными Шетландскими и Южными Оркнейскими островами попадались лишь единичные айсберги.

Часть поступающих из моря Уэдделла вод смешивается с водами Антарктического циркумполярного течения и уходит на северо-восток. Другая часть продолжает движение на восток. Сливаясь с водами Антарктического циркумполярного течения, воды моря Уэдделла образуют фронтальную зону или зону смешения, основное направление которой с юго-запада на северо-восток хорошо согласуется с общей схемой течений моря Скотия (Богданов и др., 1969).

Распределение основных физико-химических характеристик (солености, кислорода, фосфора, рН) в море Скотия довольно равномерно. Содержание их в поверхностном слое как от года к году, так и от района к району колеблется незначительно (Богданов и др., 1969). Исключение составляет лишь распределение кремния и температуры. Так, содержание кремния в поверхностных водах Антарктического циркумполярного течения изменяется от 100—400  $\text{мкг/л}$  (район о. Южная Георгия), до 1000—1500  $\text{мкг/г}$  (район зоны смешения). В водах моря Уэдделла (в районе зоны смешения) содержание кремния достигает 2500—3000  $\text{мкг/л}$  и более. Температура поверхностных вод изменяется от 3,5—4,5°С в районе о. Южная Георгия до 0—1°С в южной части моря.

Наши исследования показали, что содержание основных химических элементов не лимитирует развитие жизни в море Скотия, а их распределение не оказывает влияния на образование промысловых концентраций антарктического криля и не может служить ориентиром при поиске этих концентраций. В частности, места промысловых скоп-

\* К этому району мы относим воды не только непосредственно омывающие острова, но и простирающиеся на 100—150 миль к северу и северо-востоку.

лений антарктического криля характеризуются различным содержанием кремния. Температурный ареал криля также достаточно широк. Так, во время рейсов научно-промыслового судна «Академик Книпович» скопления *Euphausia superba* различной плотности встречались в южной части моря Скотия при температуре воды на поверхности от 0,4 до 2,6°, а в районе о. Южная Георгия — до 4,3°С. Мэпп (Mapp, 1962) приводит еще более широкий диапазон температур обитания криля: от минус 1,89 до 4,1°С, отдельных особей вылавливали даже при 6°.

Исходя из этого, можно сделать предположение, что, во-первых, температура воды не оказывает влияния на образование концентраций антарктического криля и, во-вторых, что она не может служить индикатором для поиска таких концентраций.

Главное же влияние на образование промысловых концентраций антарктического криля оказывают, по-видимому, завихрения водных потоков, обусловленные динамическими и топографическими причинами, а также совместным действием этих факторов. В районах подобных завихрений и круговоротов, вероятно, и происходит механическое скапливание планктонных организмов, в том числе макрозоопланктона, в частности, антарктического криля.

О механических причинах концентраций *E. superba* писал и К. В. Беклемишев (1961). Он полагает, что поверхностные скопления молоди криля обусловлены подъемом вод, вызываемым действием атмосферных циклонов. Ю. А. Иванов (1961) также высказал предположение об образовании больших концентраций зоопланктона в центрах стационарных и проходящих циклонов.

Не анализируя воздействия атмосферной циркуляции на подстилающую поверхность, т. е. в данном случае на воды моря Скотия и северную часть моря Уэдделла, отметим лишь, что над рассматриваемой нами акваторией проходят основные пути движения циклонов (Таубер, 1956).

Наши исследования показали, что в районе Южных Оркнейских островов и в районе подводных возвышенностей завихрения и круговороты имеют квазистационарный характер. При этом в первом районе квазистационарность обусловлена динамическими причинами, т. е. взаимодействием основных водных потоков в зоне смешения, а также влиянием рельефа дна, а во втором районе — только влиянием рельефа дна. Поэтому систему завихрений в районе Южных Оркнейских островов, пользуясь терминологией Уда (1958), можно назвать динамико-топографической, а в районе подводных возвышенностей — топографической.

Динамика вод в районе Южных Оркнейских островов очень сложная. Взаимодействие вод Антарктического циркумполярного течения и вод моря Уэдделла и образование при этом вихревых движений придает зоне смешения меандрирующий характер. Именно к такого рода меандрам и были приурочены в основном наблюдаемые нами промысловые скопления антарктического криля. Непосредственно вблизи островов наличие разнонаправленных потоков также способствует образованию завихрений и круговоротов. На карте динамической топографии (рис. 2) хорошо выражено огибное течение у о. Лори, идущее против часовой стрелки. Можно полагать, что оно существует вдоль всего северного побережья Южных Оркнейских островов. Основной же поток вод севернее этих островов направлен на восток. Взаимодействие этих потоков, как было сказано выше, также способствует образованию круговоротов и завихрений.

На сложность динамики вод этого района оказывает влияние и



сильно расчлененный рельеф дна. При этом характерной особенностью рельефа к северу и северо-востоку от Южных Оркнейских островов является наличие каньонов и подводных долин, глубина которых по сравнению с окружающими глубинами достигает 500—1000 м (Авилов, Гершанович, 1969).

Район подводных возвышенностей, находящийся между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами, изучен явно недостаточно. Однако исследования научно-промыслового судна «Академик Книпович» показали, что сюда поступают в большом количестве воды моря Уэдделла, что хорошо подтверждается распределением температуры на горизонте 100 м (рис. 3). В этом районе зона смешения вод Антарктического циркумполярного течения и вод моря Уэдделла проходит гораздо севернее, чем у Южных Оркнейских островов.

На карте динамической топографии этого района (рис. 4) хорошо видно, что и в районе подводных возвышенностей динамика вод очень сложная и представлена завихрениями и круговоротами различного характера, которые обусловлены, как было указано выше, топографическими причинами. Характеризуя рельеф этого района, Авилов и Гершанович (1969) отмечают, что система подводных хребтов — своего рода подводное нагорье — достигает ширины 200 миль и что вершины подводных хребтов возвышаются над разделяющими их долинами, начиная от нескольких сот до 1000 м. Именно сложность и расчлененность рельефа и обуславливает, по нашему мнению, систему завихрений в этом районе, вызывающую механическое скапливание здесь антарктического криля.

В районе Южных Оркнейских островов, несмотря на благоприятные условия (наличие круговоротов и завихрений), концентрации антарктического криля непосредственно вблизи островов наблюдались лишь в начале февраля теплого 1965 г. В холодном 1967 г. и в среднем по своим термическим условиям 1968 г. скопления криля были обнаружены в конце февраля в 100—150 милях к северо-востоку от Южных Оркнейских островов\*. Это, на наш взгляд, объясняется некоторым изменением положения зоны смешения, которое в основном наблюдается в районе Южных Оркнейских островов в зависимости от различных термических условий года. В целом же зона смешения относительно мало меняет свое положение (рис. 5). Также незначительны и внутригодовые ее перемещения (Солянкин, 1969). Меняется лишь характер зоны: в холодные годы она выражена четче, в теплые — более размыта.

Изменения в положении зоны смешения, которые наблюдались преимущественно в районе Южных Оркнейских островов, обусловлены

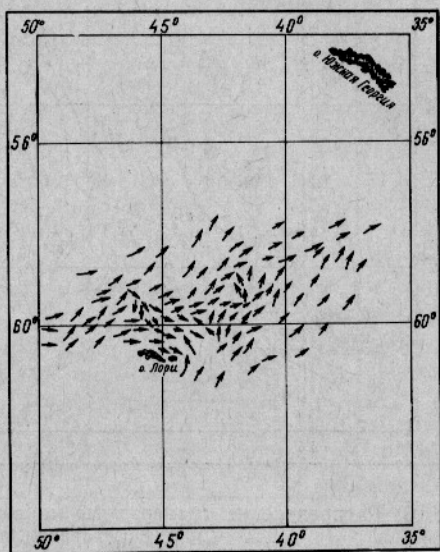


Рис. 2. Схема течений в районе Южных Оркнейских островов (февраль — март 1967 г.)

\* В 1968 г. в скоплениях антарктического криля наблюдалась значительная (до 50%) примесь салы

атмосферной циркуляцией. Известно, что основные пути движения циклонов в этом районе в различные годы смещаются по широте (Таубер, 1956). Когда пути их перемещения смещаются к югу, преобладают ветры южных и юго-западных румбов и усиливается приток вод из

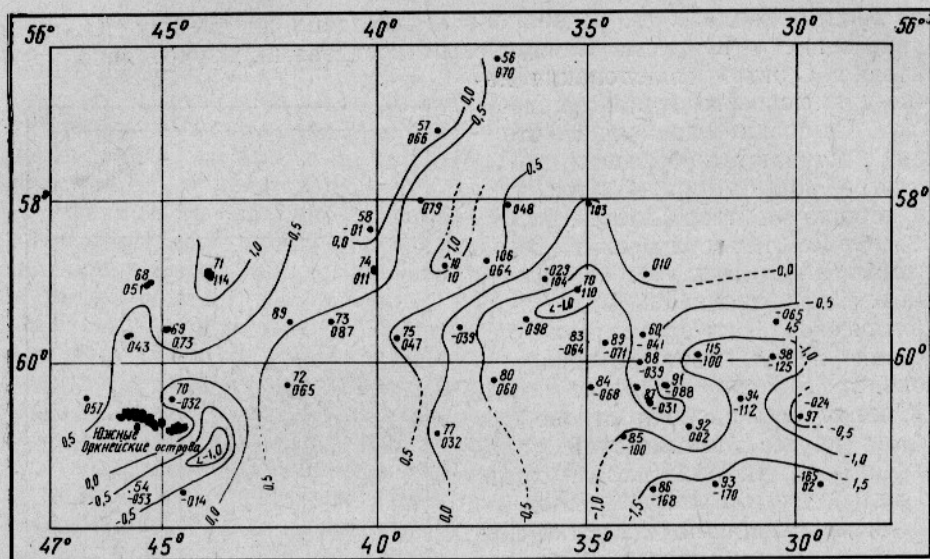


Рис. 3. Распределение температуры на горизонте 100 м в юго-восточной части моря Скотия (26 февраля — 15 марта 1969 г.).

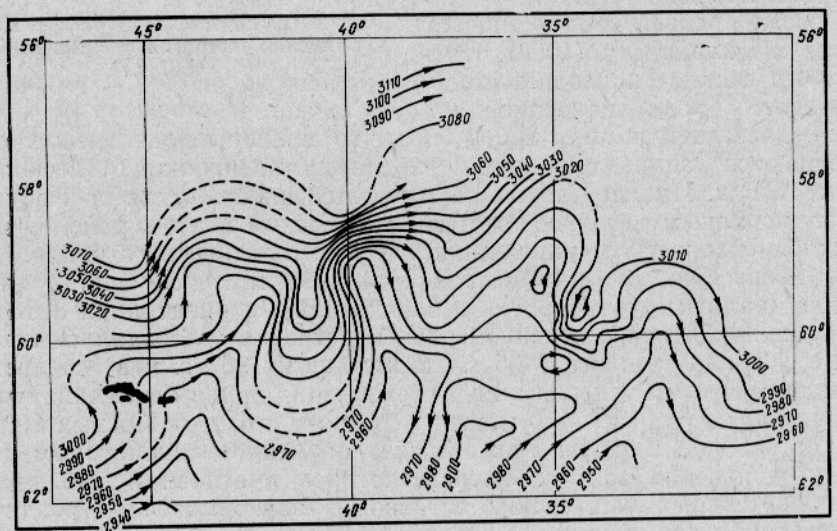


Рис. 4. Карта динамической топографии юго-восточной части моря Скотия (26 февраля — 15 марта 1969 г.).

моря Уэдделла. Когда пути движения циклонов перемещаются к северу, преобладают ветры северных и северо-западных направлений и приток вод из моря Уэдделла ослабевает. Таким образом, изменения атмосферной циркуляции определяют термические условия рассматриваемого района.

Как показали исследования на научно-промысловом судне «Академик Книпович», отклонение среднемесячных температур воздуха от многолетней среднемесячной в Грютвикене (о. Южная Георгия), особенно во время антарктической весны (сентябрь — ноябрь), позволяет предсказывать термические условия летнего периода, а, следовательно, — местоположение зоны смешения. Хотя изменения положения зоны смешения относительно невелики, их необходимо учитывать при

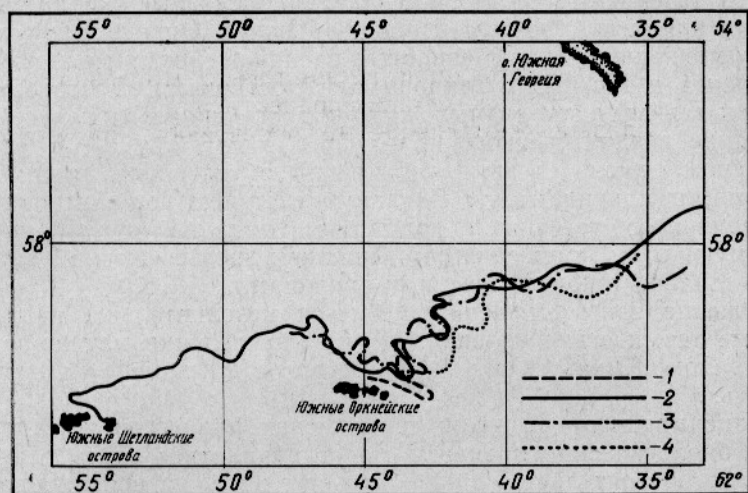


Рис. 5. Положение зоны смешения в различные годы (по Е. В. Солянкину);

1 — лето 1965 г.; 2 — лето 1967 г.; 3 — лето 1968 г.; 4 — лето 1969 г.

проведении научно-поисковых работ в районе Южных Оркнейских островов.

Термические условия весенне-летнего периода, характеризуемые как абсолютной величиной температуры воды на поверхности, так и мощностью (толщиной) верхнего прогретого слоя, определяют не только положение зоны смешения, но, по-видимому, влияют и на размерный состав антарктического криля и сроки его нереста. Так, в феврале 1965 г. в районе Южных Оркнейских островов встречался крупный криль, а в феврале 1967 г. — более мелкий. Если в начале февраля 1965 г. количество отнерестившихся самок составляло 99,5%, то в середине февраля холодного 1967 г. их было всего лишь 15—20%. Только к середине марта количество отнерестившихся самок достигло 96,4%. Отсюда можно сделать вывод, что в холодные годы нерест у криля растянут и происходит с запаздыванием.

Р. Р. Макаров (1970) по этому поводу пишет, что обычно высокие концентрации образуют нерестящиеся или только что закончившие нерест рачки. Через определенный промежуток времени после нереста скопления криля начинают рассеиваться. Это положение в полной мере подтвердилось в феврале — марте 1969 г. Аномально теплые весна и лето того года определили более раннее, чем обычно, развитие биологических процессов. Несмотря на тщательный поиск, промысловых концентраций *E. superba* обнаружить не удалось. Мелкие незначительные «пятна» криля, встречающиеся повсеместно в районе подводных возвышенностей, состояли из молоди (возраст 1+) и уже отнерестившихся рачков. Видимо, после нереста прошло достаточно много времени, и скопления криля рассеялись.



Приведенные данные свидетельствуют о том, что при планировании сроков научно-поисковых работ в море Скотия необходимо учитывать термические условия, особенно в весенне-летний период.

### Заключение

Концентрации антарктического криля встречаются в южной части моря Скотия — к югу от зоны смещения вод Антарктического циркумполярного течения и вод моря Уэдделла. Основные же промысловые скопления криля приурочены к району Южных Оркнейских островов и к району подводных возвышенностей, расположенному между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами. Благодаря круговоротам и завихрениям водных потоков здесь происходит механическое скапливание антарктического криля.

В первом районе система завихрений обусловлена динамико-топографическими причинами, т. е. взаимодействием вод Антарктического циркумполярного течения и вод моря Уэдделла, образующими так называемую зону смещения, и влиянием рельефа дна, во втором районе — только топографическими причинами.

Положение зоны смещения меняется незначительно, несмотря на различные термические условия. Но при проведении научно-поисковых работ в районе Южных Оркнейских островов эти изменения необходимо учитывать.

В зависимости от развития термических процессов весенне-летнего периода биологические процессы могут начинаться здесь раньше или позже. Это обстоятельство также может влиять на сроки образования преднерестовых и нерестовых скоплений антарктического криля.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авилов И. К., Гершанович Д. Е. Рельеф дна моря Скотия. Труды ВНИРО. Т. 66, 1969.
- Беклемишев К. В. Влияние атмосферных циклонов на поля питания китов в Антарктике. Труды ИОАН. Т. 51, 1961.
- Богданов М. А., Орадовский С. Г., Солянкин Е. В., Хвацкий Н. В. О фронтальной зоне в море Скотия. «Океанология». Т. IX. Вып. 6, 1969.
- Иванов Ю. А. О фронтальных зонах в антарктических водах. «Океанологические исследования», № 3. Изд-во АН СССР, 1961.
- Макаров Р. Р. Жизненный цикл и промысловое использование *E. superba* Dana «Океанология». Т. X. Вып. 5, 1970.
- Уда М. Обогащенные участки, возникающие в результате образования завихрений (перевод с английского). Сб. «Текущая информация», № 5. Изд. ВНИРО, 1958.
- Солянкин Е. В. Об изменчивости фронтальной зоны в море Скотия. «Мировое рыболовство», № 11, изд-во ЦНИТЭИРХ, 1969.
- Таубер Г. М. Антарктика. Ч. I. Основные черты климата и погоды. Гидрометеоздат, 1956.
- Magg J. W. S. The natural history and geography of the antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Rep., v. XXXII, 1962.

### SUMMARY

The findings of the cruises of the R. V. Akademik Knipovich (1965, 1967, 1968, 1969) and Atlant NIRO vessels (1962—1965) to the Scotia Sea have shown that commercial concentrations of antarctic krill in the southern part of the sea are mainly confined to the area of the South Orkney Islands and the seamounts between the South Orkney and South Sandwich Islands.

These concentrations are due to the system of gyral there which mechanically drive krill together. In the first area the system of gyral depends upon dynamic and topographic factors, i. e. upon the relationship between the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Sea waters forming a mixing zone. In the second area it is determined solely by topographic factors.

Thermal conditions in the survey area, governed by the atmospheric circulation, influence the position of the mixing zone and the development of biological processes, especially in the spring and summer period, affecting, particularly, the timing of the formation of antarctic krill spawning concentrations.