

УДК 595.383.1 (264.3)

О ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРЕАЛА**EUPHAUSIA SUPERBA DANA**

Б. А. Ярогов

Данная статья является попыткой выяснения физико-географических условий, содействующих формированию промысловых концентраций криля.

Наши исследования касаются только одного вида антарктических эуфаузиид, а именно *Euphausia superba* Dana. Этот вид эуфаузиевых наиболее перспективный в качестве промыслового объекта. Рачки этого вида имеют более значительные размеры (взрослые особи достигают длины 5 см). Характерной особенностью *E. superba* является свойство собираться в большие и плотные скопления.

Прежде чем говорить об условиях, в которых создаются концентрации криля, нужно выяснить, о чем идет речь. О том ли, что рачки находят условия для жизни в данном месте и в данное время, или только о тех «пятнах», в которые криль собирается время от времени на поверхности моря. Если речь идет об изучении промысловых возможностей, то главным представляется выяснение первого вопроса, т. е. существуют ли условия для обитания большого количества особей (температура воды, соленость, фитопланктон и т. д.). А если такие условия существуют и криль в данном месте находится более или менее постоянно, то возможны и «поверхностные пятна».

Как сказано выше, основной акваторией, где сосредоточились все советские специальные экспериментально-промысловые работы, оказалось море Скотия. Для первой экспедиции АтлантНИРО этот выбор основывался на сведениях, полученных из иностранных литературных источников. Исследование акватории в январе 1962 г. показало наличие здесь концентраций промыслового характера.

Тогда же выяснилось и то, что криль обитает в более или менее значительных количествах только в совершенно определенных районах этого моря.

Стали совершенно справедливы утверждения английского ученого Джеймса Марра (1962) о привязанности криля, обитающего в море Скотия, к водам, поступающим из моря Уэдделла. Еще более определенные выводы о закономерностях распределения этого вида эуфаузиид были сделаны на основании данных, полученных во втором рейсе РТ «Муксун» (1963—1964 гг.).

Прежде чем разбирать вопрос о формировании промысловых концентраций криля, следует остановиться на особенностях среды, обуславливающих возможность этих скоплений.

Рельеф дна моря вокруг антарктического континента представляет собой чередование обширных глубоководных впадин и ограничивающих их возвышенностей. Это особенно хорошо видно на карте, составленной в Арктическом и Антарктическом институте (Трешников, 1964). Иногда глубоководные впадины врезаются далеко в материк, как, например, котловины морей Уэдделла и Росса. В других случаях их замыкают подводные хребты, протягивающиеся на север от берегов Антарктиды. Причем в отдельных случаях такие подводные возвышенности соединяются с материком и как бы продолжают шельфовые пространства. Примером подобного геоморфологического образования является отмель Гуннерус, находящаяся в районе 35° в. д. Подводный хребет Кергелен относится к возвышенностям, отделенным от материка подводной ложтиной. Такие особенности рельефа приводят к делению водных пространств, окружающих Антарктиду, на отдельные бассейны. Они, как будет сказано ниже, обладают своими специфическими особенностями режима.

Известно, что основные черты циркуляции водных масс южной части Мирового океана обуславливаются двумя очень мощными системами переноса. Первая из них — система течения Западных ветров, вторая — течение Восточных ветров. Течение Западных ветров, или, как его очень часто называют, Южное циркум-полярное течение, огибает весь Антарктический материк. Оно занимает пространство между 55° — 65° ю. ш. Течение Восточных ветров действует в непосредственной близости от побережья. Само название течений свидетельствует о направлении совершаемого ими переноса. На глубинах, превышающих 200 м с севера по направлению к материковому шельфу, движутся теплые воды, связанные по своему происхождению с субтропической зоной. Они распространяются до глубины 2000—3000 м. В придонных горизонтах в противоположном направлении от антарктического шельфа растекаются очень холодные воды. Картина усложняется еще и тем, что в ряде мест существуют поверхностные потоки, посредством которых также происходит обмен между течением Западных ветров и течением Восточных ветров. Создается ряд круговоротов. Их существование обусловлено и рельефом морского дна и, как будет показано ниже, системой господствующих ветров. Особенности рельефа (впадины, вдающиеся в материк, и подводные возвышенности, протягивающиеся от земли к северу) вызывают деление течения Восточных ветров на ряд локальных участков. В свою очередь и течение Западных ветров нельзя рассматривать как единое образование. Здесь есть потоки, направление которых соответствует генеральному, есть меандры, круговороты и противотечения.

Выше было сказано, что основные работы по изучению возможностей добычи криля сосредотачиваются в море Скотия и море Уэдделла. Выделение этих морей как отдельных бассейнов не является условным. Они имеют четкие границы, выраженные рельефом дна, и режим обладает некоторыми специфическими особенностями.

На западе море Скотия ограничено проливом Дрейка. Отличие этого пролива от подавляющего большинства проливов Мирового океана в том, что он не имеет подводного порога. Его средняя глубина превышает 3000 м. По данным Л. И. Ескина (1959), через пролив идет из Тихого океана 378 км^3 воды в час (данные получены динамическим методом, за нулевую поверхность принята глубина 3500 м). Через самую

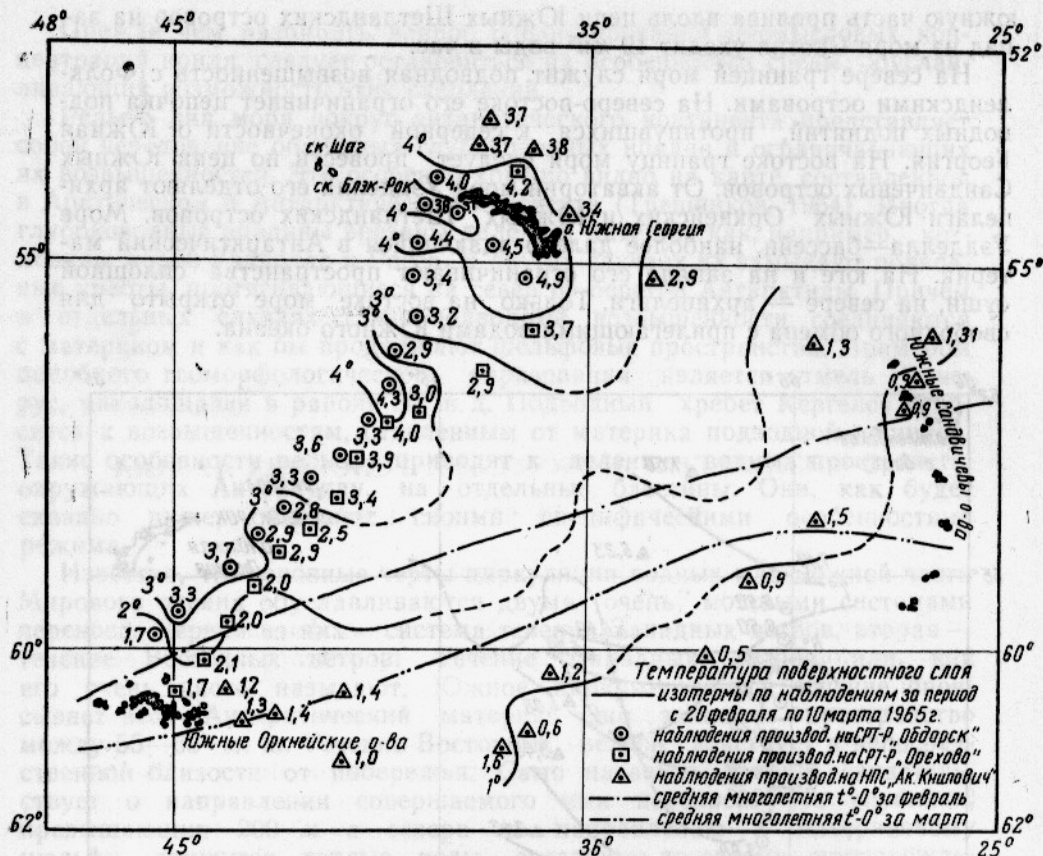


Рис. 2. Температура поверхностного слоя восточной части моря Скоттия за период с 20 февраля по 10 марта 1965 г. Для сравнения дано среднее многолетнее положение изотермы 0° для февраля и марта

сун» (1962 и 1963—1964 гг.), «Орехово», «Обдорск» (1965). Для характеристики его вертикальной структуры приводится гидрологический разрез, выполненный на аргентинском научно-исследовательском судне, вдоль 55° з. д. (рис. 3).

В море Скоттия в больших количествах заходят воды, формирующиеся в море Уэдделла. Направление движения видно на рисунках. Течение Уэдделла — также часть общей циркуляции Южного океана. Течение Восточных ветров действует около побережья Антарктиды. Из-за конфигурации берегов, подводного рельефа и других причин оно разделено на локальные участки. Течение Уэдделла вначале идет над материковым шельфом. Восточный берег земли Грейама заставляет повернуть его воды в северном направлении. Затем течение меняет свое направление на северо-восточное. Карты распределения температуры (см. рис. 1 и 2), данные о направлении течений (см. рис. 10), достаточно полно характеризуют это явление. В конце концов, воды течения Уэдделла, двигаясь на северо-восток через море Скоттия, проникают до юго-восточной оконечности о. Южная Георгия. Другая часть вод течения Уэдделла идет на восток вдоль южного склона возвышенности, над которой поднимаются Южные Оркнейские острова. Процессы трансформации продолжаются и восточнее этого архипелага. Часть вод уходит

на северо-восток, а часть поворачивает на юго-восток, а затем и на юг. По карте А. Ф. Трешникова формирование потоков с южной составляющей начинается между $30-35^{\circ}$ з. д., а в промежутке $10-30^{\circ}$ з. д. ($60-65^{\circ}$ ю. ш.) южное направление поверхностных течений становится преобладающим. Происходит замыкание огромной циркуляции. Течение Уэдделла несет к зоне Западных ветров холодные воды, а потоки между $20-35^{\circ}$ з. д. поставляют воду в обратном направлении — к шельфу Антарктического материка.

Говоря о горизонтальной циркуляции, следует особо остановиться на основных закономерностях циркуляции около архипелагов, отделяющих море Скоттия от моря Уэдделла, и около о. Южная Георгия. Известно, что около островов и архипелагов, имеющих источники пресной воды, обязательно будет свое местное течение (Зубов, 1956). В южном полушарии, это местное течение, которое Н. Н. Зубов называет огибающим, направлено против часовой стрелки. Как было сказано выше, по данным Л. И. Ескина, через самую южную часть пролива Дрейка, т. е. в непосредственной близости от побережья Южных Шетландских островов, идет течение из Атлантического океана в Тихий. Общее направление его на юго-запад. На рис. 4 показаны результаты вычисления динамических высот станций аргентинских экспедиций — «Дрейк I» (1958 г.) и «Дрейк II» (1959 г.). По этим данным видно, что южнее 58° ю. ш. существует течение на юго-запад. Все пространство севернее $58^{\circ}00'$ ю. ш. до склонов отмели Бардвуд занято водами Великого дрейфа, обуславливаемого западными ветрами.

Результаты динамической обработки наблюдений, выполненных на судах «Орехово», «Академик Книпович» и «Обдорск» в феврале 1965 г. около Южных Оркнейских островов, приведены на рис. 5. Динамические горизонталы обрисовывают поток, огибающий архипелаг в направлении против часовой стрелки. А изотермы, показывающие распределение температуры на горизонте 100 м, указывают на связь этого потока с водами моря Уэдделла. Стречень огибающего течения по присутствию в нем холодных вод выявлен также и северо-восточнее Южных Шетландских островов по наблюдениям на РТ «Муксун» в январе—феврале 1964 г. Результаты этих наблюдений показаны на рис. 6.

Динамическая карта, приведенная на рис. 5, показывает, что течение, огибающее Южный Оркнейский архипелаг, не распространяется дальше края материковой отмели. Оно существует и действует именно как огибающее течение. Безусловно, на его формирование влияет тот факт, что воды течения Уэдделла, проходя через южную часть материкового склона этого архипелага, усиливают огибающее течение и увеличивают массу его

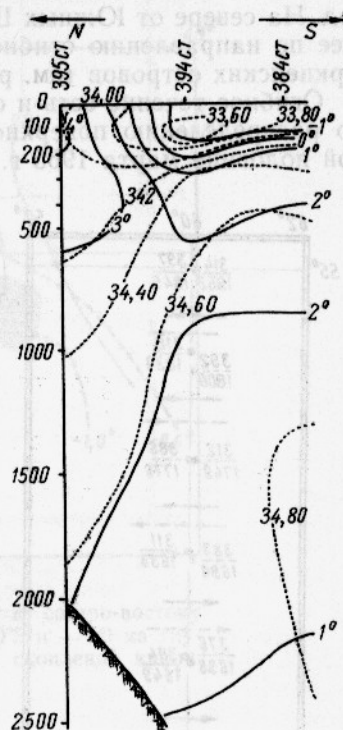


Рис. 3. Распределение температуры на разрезе на восток от банки Бердвуд. Изотермы показывают проникновение на юг теплых вод, связанных по своему происхождению с Бразильским течением

вод. На севере от Южных Шетландских островов течение, соответствующее по направлению огибному, кажется более мощным, чем у Южных Оркнейских островов (см. рис. 4).

Огибное течение есть и около о. Южная Георгия. Это видно хотя бы по распределению поверхностных температур, наблюдавшемуся в первой половине марта 1965 г. В это время поверхностный слой островных вод имел температуру, превышающую 4°C (рис. 7). На востоке и северо-востоке от острова температура воды была ниже 4°C и даже ниже 3°C . По конфигурации изотерм можно предположить, что воды с низкой температурой результат подхода к юго-восточной оконечности острова потоков, являющихся продолжением течения Уэдделла. Эти воды, включаясь в огибное течение, обуславливают полосу холодных вод над краем материковой отмели у восточного и западного берегов острова.

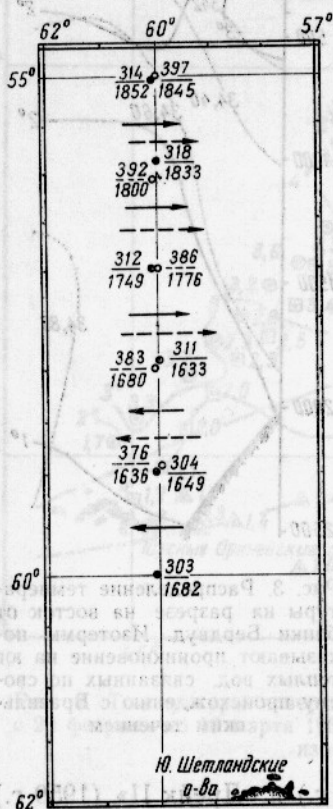


Рис. 4. Направление поверхностных течений в районе 60° з. д. по данным аргентинских экспедиций «Дрейк I» (1958 г.) и «Дрейк II» (1959 г.)

На рис. 9 видно распределение температуры на акватории, где влияние вод моря Уэдделла является определяющим. Координаты и время выполнения станций приводятся ниже.

1. $60^{\circ}37'$ ю. ш. $44^{\circ}02'$ з. д. 5 февраля 1965 г.
2. $60^{\circ}40'$ ю. ш. $44^{\circ}06'$ з. д. 13 февраля 1965 г.
3. $60^{\circ}42'$ ю. ш. $43^{\circ}56'$ з. д. 15 февраля 1965 г.
4. $60^{\circ}46'$ ю. ш. $44^{\circ}05'$ з. д. 14 марта 1965 г.

Кривые изменения температуры по вертикали свидетельствуют о том, что структура вод в этом районе сохраняет черты, присущие водам этих широт. Отличие в том, что верхний слой в период полета прогревается

1. $59^{\circ}54'$ ю. ш. $53^{\circ}04'$ з. д. 17 декабря 1963 г.
2. $60^{\circ}04'$ ю. ш. $53^{\circ}00'$ з. д. 27 января 1964 г.
3. $60^{\circ}03'$ ю. ш. $52^{\circ}38'$ з. д. 2 февраля 1964 г.
4. $59^{\circ}25'$ ю. ш. $49^{\circ}55'$ з. д. 6 марта 1964 г.

Из рис. 8 видно, что слой до 100—200 м подвержен сезонной изменчивости. Ниже лежит слой воды с повышенной температурой и почти полным отсутствием сезонных колебаний. Это теплые воды, которые по своему формированию связаны с субтропической зоной. Генеральное направление их движения — к шельфу Антарктического материка. А верхний слой составляют воды, идущие от материка

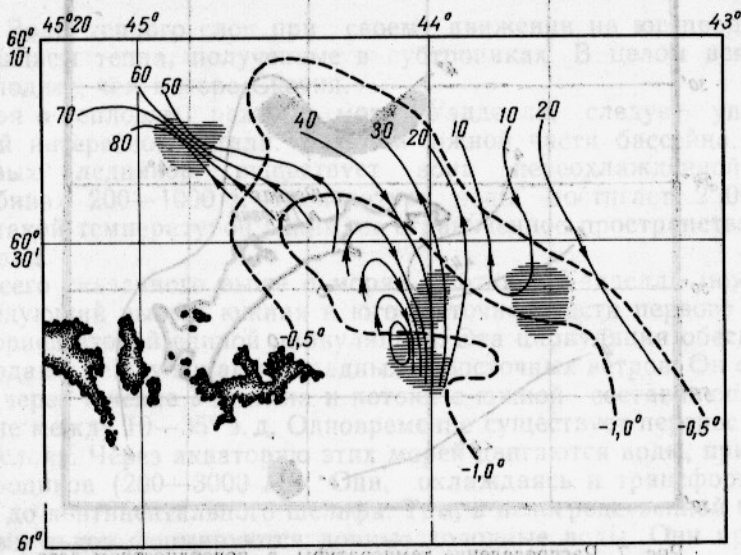


Рис. 5. Направление поверхностных течений к северо-востоку от Южных Оркнейских островов. Изотермы $-0,5^{\circ}$ и $-1,0^{\circ}$ на глубине 100 м. Штриховкой обозначены районы скопления криля

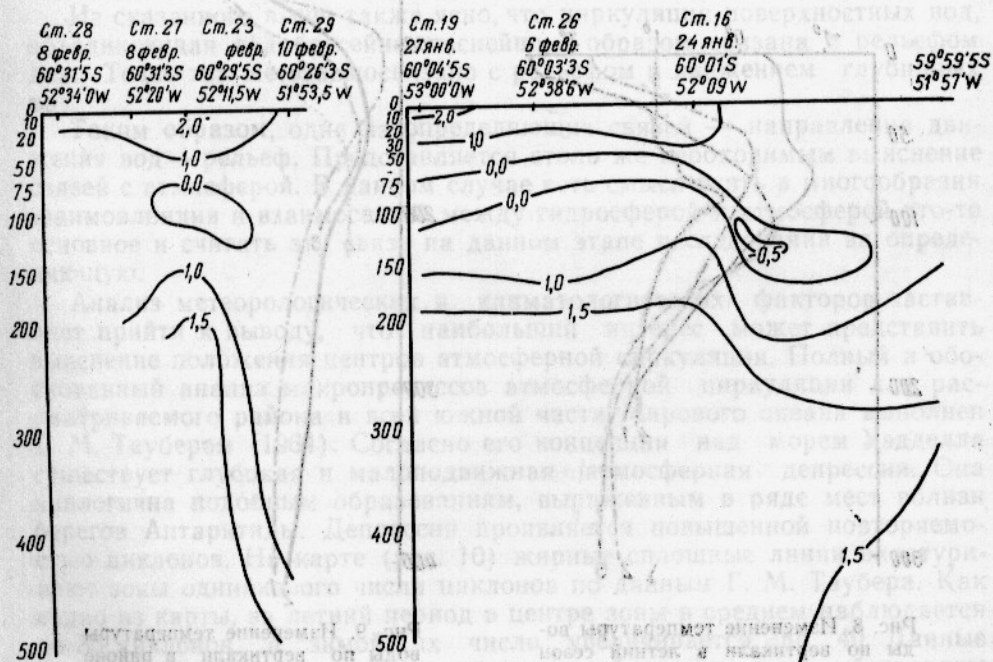


Рис. 6. Распределение температуры воды севернее пролива между Южными Шетландскими и Южными Оркнейскими островами. На обоих разрезах прослеживается стержень холодных вод, идущих из моря Уэдделла

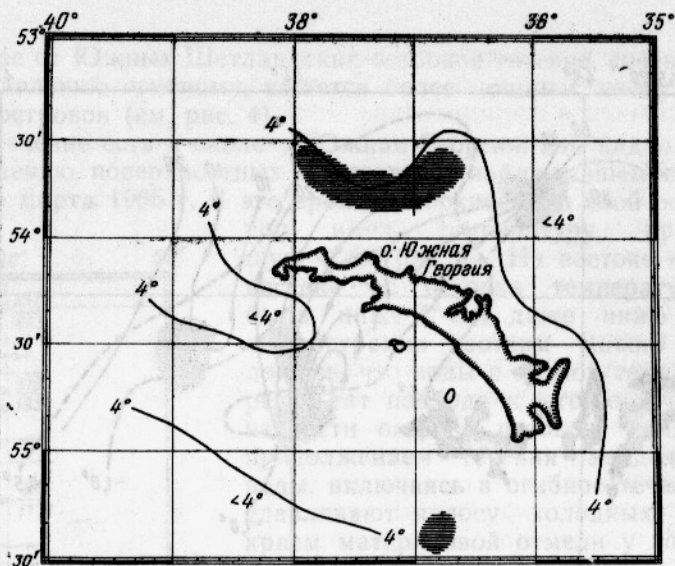


Рис. 7. Распределение температуры в поверхностном слое в первой половине марта 1965 г. в районе о. Южная Георгия. Штриховкой обозначены места скопления крыла

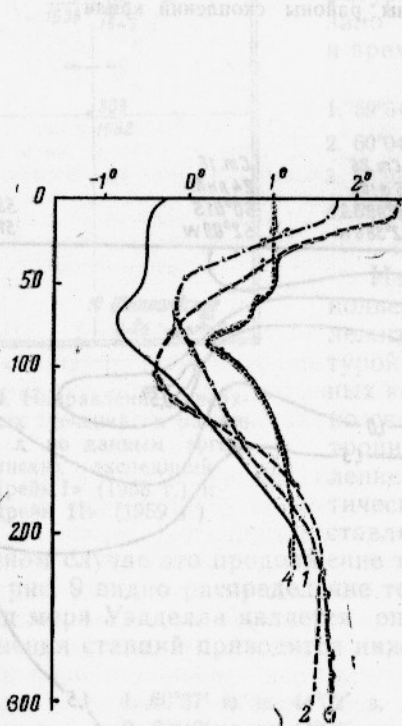


Рис. 8. Изменение температуры воды по вертикали в летний сезон 1963/64 г. в районе к северу от пролива между Южными Шетландскими и Южными Оркнейскими островами (объяснения в тексте)

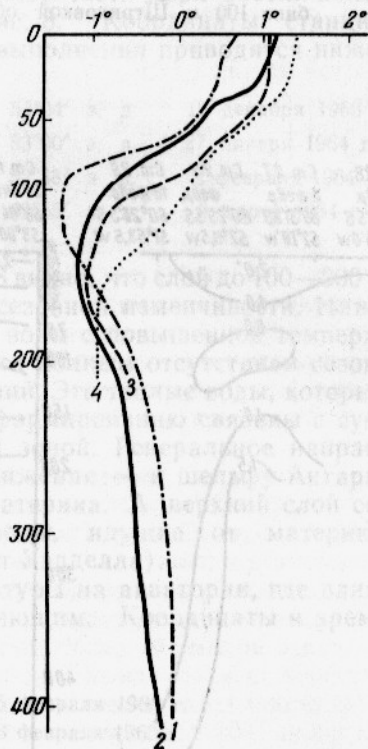


Рис. 9. Изменение температуры воды по вертикали в районе к северо-востоку от Южных Оркнейских островов в летний сезон 1964/65 г. Время выполнения станций и координаты в тексте

меньше. Воды теплого слоя при своем движении на юг продолжают терять запасы тепла, полученные в субтропиках. В целом вся толща воды холоднее, чем в море Скотия.

Говоря о тепловом режиме моря Уэдделла, следует упомянуть об одной интересной детали. В самой южной части бассейна, у края шельфовых ледников, существует зона переохлажденной воды. На глубинах 200—1000 м температура воды достигает $2^{\circ},06$ — $2^{\circ},08$. Вода с такой температурой занимает ограниченное пространство между 35 — 45° з. д.

Из всего сказанного выше о морях Скотия и Уэдделла можно сделать следующий вывод: южная и юго-восточная части первого связана с акваторией второй единой циркуляцией. Эта циркуляция обеспечивает обмен водами между зонами Западных и Восточных ветров. Он осуществляется через течение Уэдделла и потоки с южной составляющей, действующие между 10 — 35° з. д. Одновременно существует перенос и в глубинных слоях. Через акваторию этих морей двигаются воды, пришедшие из субтропиков (200—3000 м). Они, охлаждаясь и трансформируясь, доходят до континентального шельфа. Там, в непосредственной близости от вечных льдов формируются донные холодные воды. Они при своем движении в низкие широты также не минуют рассматриваемых нами морей.

Настоящая работа является попыткой выяснить условия, при которых создается благоприятная обстановка для обитания криля, поэтому при выяснении вопросов, касающихся гидрологического режима, основное внимание сосредотачивалось на тех сторонах, которые могут оказаться определяющими для формирования ареала на акватории моря Скотия.

Из сказанного выше также ясно, что циркуляция поверхностных вод, объединяющая два бассейна, теснейшим образом связана с рельефом дна. Точно так же взаимосвязано с рельефом и движением глубинных вод.

Таким образом, одна из определяющих связей — направления движения вод — рельеф. Представляется столь же необходимым выяснение связей с атмосферой. В данном случае есть смысл взять в многообразии взаимовлияния и взаимосвязей между гидросферой и атмосферой что-то основное и считать эту связь на данном этапе исследований за определяющую.

Анализ метеорологических и климатологических факторов заставляет прийти к выводу, что наибольший интерес может представить выяснение положения центров атмосферной циркуляции. Полный и обоснованный анализ макропроцессов атмосферной циркуляции для рассматриваемого района и всей южной части Мирового океана выполнен Г. М. Таубером (1964). Согласно его концепции над морем Уэдделла существует глубокая и малоподвижная атмосферная депрессия. Она аналогична подобным образованиям, выраженным в ряде мест вблизи берегов Антарктиды. Депрессия проявляется повышенной повторяемостью циклонов. На карте (рис. 10) жирные сплошные линии оконтуривают зоны одинакового числа циклонов по данным Г. М. Таубера. Как видно из карты, за летний период в центре зоны в среднем наблюдается до 35 циклонов, а зимой их число увеличивается до 40. Данные Г. М. Таубера, заимствованные для данной статьи, очень обоснованы и тщательно проверены. Тем не менее, в подтверждение своих выводов он ссылается на сведения о циклонической зоне, собранные другими исследователями. На рис. 10 ее границы изображены жирной пунктирной линией.

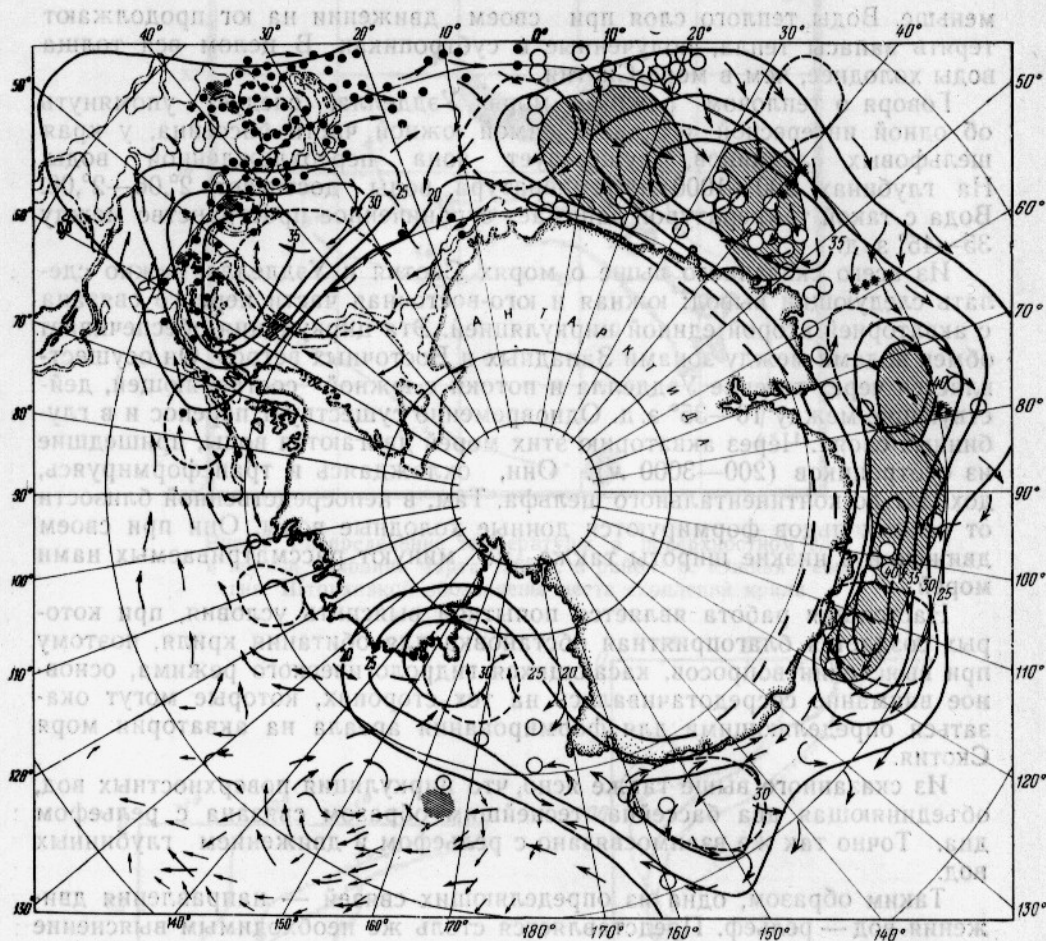


Рис. 10. Ареал *Euphausia superba*. Стрелки — направление поверхностных течений по А. Ф. Трешникову (1964). Сплошные и пунктирные линии — центры циклонической деятельности по Г. М. Таубер (1964). Кружки — места наблюдений криля по Д. Марру (1962). Штриховкой обозначены места обитания криля по Х. Маквиллану (1962). Густой штриховкой — места наблюдений и облова криля советскими экспедициями

Таким образом, над морем Уэдделла существует квазистационарная зона усиленной циклонической деятельности. В циклонах южного полушария ветер движется по часовой стрелке. Следовательно, можно сказать о существовании совершенно определенной связи между течениями и системой преобладающих ветров. Вспомним о выясненной ранее связи между течениями и рельефом.

Таким образом, совокупность всех факторов вызывает определенную направленность природных процессов — существование отчетливо выраженной системы течений. Поскольку в данной статье речь идет не только об условиях обитания криля, но и условиях образования промысловых скоплений, система течений, циркуляция водных масс представляется наиболее важной.

Английский биолог Джеймс Марр (1962) особенно долго работал в море Скотия. Д. Марр совершенно определенно говорит о том, что биология криля в море Скотия обусловлена взаимодействием водных

масс этого бассейна с расположенным южнее морем Уэдделла. Концепция Д. Марра в своих основах сводится к следующему. Нерест криля происходит летом. Место нереста — южная и юго-восточная часть моря Скотия, т. е. акватория, где господствуют воды, пришедшие из моря Уэдделла.

Икра опускается на глубину и в глубинном теплом слое переносится к побережью Антарктического материка. Выклев и начальный период развития личинок происходит в шельфовых водах (течение Восточных ветров). Течение Уэдделла вновь приносит личинок, молодь и взрослых рачков к тем местам, где происходит нерест.

Исследовательские работы 1962—1964 гг. позволили сделать вывод о справедливости утверждения Д. Марра о том, что криль предпочитает воды с температурой от $-0,3$ до $+2,0$ С. Чаще всего скопления рачков наблюдаются там, где температура поверхностного слоя равна $0,5$ — $+1,7$ С.

Если говорить о промысловых скоплениях, то их площадь меньше, чем та, на которой облавливался криль в качестве объекта биологических исследований. Наши наблюдения выявляют очень тесную связь криля с водными потоками, идущими от Антарктического материка.

Выше было сказано об обнаружении и облове криля на севере и северо-западе от пролива между Южными Шетландскими и Южными Оркнейскими островами.

В январе 1962 г. криль сосредотачивался на $60^{\circ}00'$ ю. ш.; между 52° — 54° з. д. Температура поверхностного слоя, равная 0° , и структура водной толщи, выявляемая наблюдениями, со всей очевидностью убеждали, что судно экспедиции находится в зоне вод, пришедших из моря Уэдделла.

Связь скоплений криля с водными массами, идущими от шельфа Антарктического материка, иллюстрируется очень интересным фактом, выявленным во втором рейсе РТ «Муксун». Ниже приводятся рисунки, показывающие распределение температуры в плоскости разрезов, выполненных севернее пролива. На рис. 6 отчетливо виден холодный промежуточный слой, характерный для летнего периода во всех арктических и антарктических морях. Ниже его — теплый глубинный слой. Его воды по своему происхождению связаны с субтропическими районами океана. Из рисунков видно, что температура промежуточного холодного слоя неоднородна. Вдоль 52° з. д. проходят наиболее холодные воды ($t^{\circ}=0^{\circ},0$).

По данным биологических анализов, выполненных В. В. Шевцовым и Р. Н. Буруковским, в зоне этого холодного ядра отмечено повышение числа личинок в стадии фуцилий. Более низкие температуры в этом ядре холодных вод свидетельствуют о более позднем поступлении их с юга. В соседних, трансформированных водах, личиночное развитие криля закончилось, а в этих «молодых» оно еще продолжается. Самое интересное, что наиболее производительные траления были около этого холодного ядра.

Работая в зоне пролива, экспедиция на РТ «Муксун» постепенно смещалась на юг. В декабре 1963 г. экспедиция имела уловы на 59° ю. ш. А в середине марта 1964 г., т. е. в конце лета, поиск и облов производили на 62° ю. ш., к юго-востоку от о. Шишкова. Из описания гидрологических условий можно сделать вывод о том, что течение Уэдделла поставляет через пролив все новые и новые стаи криля. Но по мере летнего прогрева наиболее благоприятные условия для обитания эуфаузиид в поверхностном слое (температура не выше $2^{\circ},0$) оказывались в более южных

частях акватории. Вероятнее всего, что в тех местах, где температура повышается выше приемлемой, рачки уходят в слой воды, сохраняющий наиболее оптимальную температуру. На рис. 8 показано, что слой, охваченный летним прогревом, до начала осени (до середины марта) остается сравнительно тонким.

Следовательно, уходя с самой поверхности и рассредотачиваясь, зоофауны продолжают оставаться в слое, где условия для их обитания остаются благоприятными. Интересно, что участники экспедиций ни разу не наблюдали поверхностные скопления (пятна) на тех пространствах этой акватории, где температура превышала 2° С. Пятна, образующиеся около о. Южная Георгия и во всех других местах моря Скотия, где температура превышает 2° С, имеют несколько особую природу. О них нужно говорить особо.

В. В. Шевцов и Р. Н. Буруковский, анализируя размеры криля из уловов 1963—1964 гг., установили следующее: размеры рачков уменьшались по мере продвижения экспедиции на юг. Севернее островов Шишкова и Мордвинова, на 59° ю. ш., в декабре 1963 г. преобладали особи длиной 43 мм. В январе—феврале на 60—61° ю. ш. преобладающие размеры уменьшились до 41—42 мм. Наконец, в середине марта на 62° ю. ш. (юго-восточнее о. Шишкова) в уловах преобладали рачки, имеющие длину 37—38 мм. По мнению авторов, в орудия лова попадали рачки более поздних генераций. Экспедиция, продвигаясь на юг, поднималась вверх по течению Уэдделла. Естественно, в тралы попадали более молодые особи. Еще одно обстоятельство, свидетельствующее о связи криля с водами течения Уэдделла. За период с 16 декабря 1963 г. по 9 января 1964 г. наиболее крупные рачки ловились 3 и 4 января (таблица).

Координаты тралений, приведенные в таблице, указывают, что наиболее крупные рачки добывались на акватории самой восточной части поиска на 58°00' ю. ш. и 32—39° з. д. В то же время преобладающие размеры рачков на пространствах западнее 50° з. д. на акватории, примыкающей к проливу между архипелагами, оставались без изменений в течение всей первой декады января. Значит, «поднимаясь вверх» по течению Уэдделла экспедиция встречала и облавливала криля более поздних генераций. Наоборот, работая в районе, до которого воды должны проделать более длительный путь, экспедиция ловила рачков крупных размеров.

Таблица 1

Дата вылова	Координаты	Длина, мм	
		самцы	самки
16 декабря 1963 г.	59°00' ю. ш. 54°30' з. д.	39,5	36,8
17 декабря 1963	59°00' ю. ш. 52°25' з. д.	39,2	38,7
3 января 1964	58°00' ю. ш. 32°30' з. д.	43,0	42,8
4 января 1964	58°00' ю. ш. 39°00' з. д.	42,5	42,3
5 января 1964	59°33' ю. ш. 43°50' з. д.	41,3	38,3
6 января 1964	60°20' ю. ш. 47°15' з. д.	41,0	41,6
7 января 1964	60°18' ю. ш. 49°55' з. д.	40,6	40,8
7 января 1964	60°22' ю. ш. 50°05' з. д.	39,7	39,8
8 января 1964	60°40' ю. ш. 51°45' з. д.	40,1	41,9
9 января 1964	60°48' ю. ш. 52°06' з. д.	41,4	40,4

Материалы экспедиции 1964—1965 гг. также выявляют непосредственную связь скоплений криля с течением Уэдделла. В конце января и первых числах февраля 1965 г. экспедиция находилась у о. Шिशкова (архипелаг Южных Шетландских островов). В уловах преобладали рачки длиной 45—47 мм. Однако анализ улова, полученного 1 февраля на 63°00' ю. ш. и 52°00' з. д., т. е. южнее района всех тралений, показал преобладание рачков 38—39 мм, т. е. более молодых.

Связь криля, накапливающегося в море Скотия и северной части моря Уэдделла, с водами, пришедшими с юга, совершенно очевидна. А если это так, то по наличию эуфаузиновых этого вида можно говорить, что данная акватория находится под воздействием вод течения Уэдделла.

Сведения о местах, где экспедиции АтлантНИРО обнаруживали криля, подтверждают выводы А. Ф. Трешникова о направлении течений. Одновременно сведения о положении скоплений криля дают основание для дальнейшей детализации схемы поверхностных течений.

Суда АтлантНИРО не имели возможности работать на крайнем востоке морей Скотия и Уэдделла. Однако, пользуясь связью криль-воды течения Уэдделла, можно попробовать составить суждения о поверхностных течениях в этом районе.

По карте-схеме А. Ф. Трешникова потоки с южной составляющей начинаются между 30—35° з. д. (речь идет о широтах от 60 до 65° ю. ш.). Между 10—30° з. д. поверхностные течения с таким направлением становятся господствующими. О правильности выводов А. Ф. Трешникова свидетельствуют наблюдения Д. Марра (см. рис. 10). Расположение станций, на которых обнаруживались большие количества криля, показывает, что около 30° з. д. есть течение, несущее воды по направлению к высоким широтам. Станции как бы вытягиваются в цепочку по направлению на юго-восток. Особенно показательна цепочка станций, вытянувшаяся к югу между 15—20° з. д.

Д. Марр в своей работе упоминает о «пустоте» района восточнее 20° з. д. (речь идет о широтах 54—59° ю. ш.). По А. Ф. Трешникову в этой зоне нет поверхностных течений с южным направлением. В промежутке между 10—35° з. д. произошло замыкание круговорота, обеспечивающего обмен между зонами Западных и Восточных ветров. Обоснованным является предположение о том, что здесь наиболее энергично происходит движение на юг субтропических вод.

Криль в больших количествах встречается около о. Южная Георгия. Поэтому обязательно должен возникнуть вопрос о причинах, обуславливающих возможность непрерывного возобновления околоостровной популяции. Д. Марр пишет об изолированности ареала Южной Георгии. Наблюдения с судов АтлантНИРО в 1962 г., в декабре 1963 г., в январе 1964 г. не обнаружили «прочного моста», перекрывающего разрыв между южной частью ареала и частью ареала, примыкающего к острову. Наиболее близкая к Южной Георгии граница южной части обнаружена 3 и 4 января 1964 г. (58°15' ю. ш. 32—39° з. д.). Д. Марр, говоря об изолированности ареала Южной Георгии, однако, приводит сведения, свидетельствующие о наличии некоторого количества криля и в тех местах, которые, на первый взгляд, кажутся пустыми. Выводы наблюдений 1962—1964 гг. также не следует считать окончательными. Небольшие количества криля, несомненно, должны встречаться на всем пространстве между Оркнейским архипелагом и о. Южная Георгия. В конечном счете юг и юго-восток острова омывается водами, связанными по своему происхождению с морем Уэдделла. Следовательно, стадо, обитающее в островных водах, обязательно будет пополняться за

счет южной части ареала. Однако не исключена возможность того, что какая-то часть популяции целиком связана в своем существовании с водами, окружающими остров.

Около Южной Георгии существует огибное течение. А если так, значит какая-то часть рачков так и будет дрейфовать вокруг острова*. То же самое произойдет и с выклюнувшимися личинками. Таким образом создаются условия для возобновления, а следовательно, для постоянного существования популяции. Тем более, что природные условия огибного течения (температура, соленость) вполне приемлемы для существования эуфаунид. Есть основание говорить, что стадо криля, обитающее в этой части ареала, обладает определенными специфическими особенностями. В марте 1965 г. в уловах, полученных около острова, преобладали особи длиной 36—39 мм без наружных половых признаков, т. е. это была молодь. Самцы были мельче наблюдавшихся в феврале около Южных Оркнейских островов. Самки встречались исключительно редко. В литературе есть указания на наблюдения в фиордах Южной Георгии больших скоплений молодежи.

К. В. Беклемишев (1959, 1961) высказывает положение об обусловленности мест скоплений эуфауниевых подъемом глубинных вод в центре циклонов. Выводы К. В. Беклемишева давали еще один ключ для поиска криля. Правда, наблюдения на РТ «Муксун» в январе 1962 г. и в период второго рейса не согласовались с мнением К. В. Беклемишева. Зоны наблюдений и облова криля никак нельзя было отнести к формированиям, обусловленными циклонами. На карте (см. рис. 10) собраны сведения о направлении течений, основных чертах атмосферной деятельности и распределении.

После экспедиции 1964—1965 гг. на карте обозначены концентрации, наблюдавшиеся и облавливавшиеся судами «Орехово», «Обдорск» и научно-промысловым судном «Академик Книпович».

Следует сказать о том, что в летний сезон 1964—1965 гг. предпринимались меры для проверки акваторий, расположенных близко от центра циклонической зоны.

В конце января СРТ-Р «Обдорск» был направлен к о. Шишкова на место, известное по работам 1962 и 1963—1964 гг. Галс оказался удачным. Можно было бы переходить в другой район, в котором обнаружение криля совершенно реально. Однако СРТ-Р «Обдорск» пошел на юг, по направлению к середине моря Уэдделла. Представлялась очень желательной проверка акватории, которую можно было бы считать расположенной в центре усиления циклонической деятельности. Поисковый галс закончился на 63°56' ю. ш. Если севернее 61°00' ю. ш. эхолот давал показания, соответствующие записям криля (проверено тралениями), то южнее море оказалось совершенно пустынным. На ленте эхолота не фиксировалось никаких признаков наличия животных. Столь же безрезультатными были и визуальные наблюдения. Чайки, пингвины, являющиеся во всех случаях хорошим косвенным признаком присутствия криля, — не появлялись. Нужно сказать, что погода и состояние волнения благоприятствовали поиску.

Через несколько дней была предпринята еще одна попытка поиска криля вблизи центра моря Уэдделла. В это время у берегов о. Коронейшен (архипелаг Южных Оркнейских островов) были обнаружены скопления криля судном «Академик Книпович». Один из кораблей экспедиции был направлен на юг от этих скоплений до 62°43' ю. ш. Галс также оказался безрезультатным. Позднее, 21 февраля, предпринималась еще

* Этот вопрос рассматривается в выводах (редакция).

одна попытка поиска в южном направлении. Научная группа на судне «Орехово» обследовала акваторию к югу от о. Лори. Судно дошло до 62° ю. ш. Наблюдатели видели совершенно безжизненное море. Записи на ленте эхолота отсутствовали.

Трехкратный поиск — один и тот же результат. Как только корабли оказывались за пределами течения Уэдделла, наблюдатели переставали обнаруживать криля.

Еще один пример, показывающий привязанность зон обитания криля к водным потокам, связывающим течения Западных и Восточных ветров. В период с 5 по 9 февраля 1965 г. на судне «Орехово» выполнялось обследование пролива Брансфилд (пролив, отделяющий архипелаг Южных Шетландских островов от Земли Грейама). Течение Уэдделла проходит мимо восточного входа в этот пролив. Часть его вод, огибая северо-восточную оконечность Земли Грейама, поворачивает в пролив. Основываясь на результатах работ на РТ «Муксун» (март 1964 г.) и на СРТ-Р «Обдорске» (конец января 1965 г.), считалось наиболее вероятным обнаружение скоплений в зоне течения. Особо перспективным должно быть пространство стыка течения с прибрежными водами. Скопления встретились как раз там, где их следовало ожидать ($62^{\circ}25'$ ю. ш. и $52^{\circ}43'$ з. д.). Эхолот показывал наличие животных на глубинах 10—30 м. Крилевые стаи облавливались разноглубинным тралом.

Таким образом, в качестве общего вывода следует сказать, что все работы 1962—1965 гг. показали ограниченность распространения криля на акватории морей Скотия и Уэдделла. Как сказано выше, наиболее значительные массы криля сосредоточены в зонах течения Уэдделла, а пространства, занятые течением, в свою очередь совпадают с окраиной зоны развития циклонической деятельности. Особенно плотные скопления эуфаузииды образуют на фронтальных зонах — там, где холодные воды течения Уэдделла близко соприкасаются с водами течения Западных ветров.

Такие зоны особенно отчетливо выражены около островных цепей, разделяющих моря Уэдделла и Скотия, около о. Южная Георгия. Есть сообщение английских исследователей о существовании подобных образований около Южных Сандвичевых островов. Такие продуктивные зоны обычно создаются на востоке, северо-востоке и севере от островов. У Южных Сандвичевых они, по-видимому, тяготеют к юго-восточным и восточным берегам. Расстояние от берега обуславливается шириной подводной возвышенности, над которой поднимается остров. Замечено, что фронтальная зона образуется над краем отдели.

В январе 1962 г. наблюдалось большое количество эуфаузиид на $58^{\circ}00'$ ю. ш. и $54^{\circ}00'$ з. д. В то время условия сложились таким образом, что в этих местах сформировался гидрологический фронт. Этот факт свидетельствует о том, что бывают случаи, когда промысловые скопления образуются не только около островов, но и в других местах — там, где создаются зоны больших температурных градиентов.

Производя поиск, пытаясь выяснить закономерности, обуславливающие привязанность криля к определенным частям акватории, мы, конечно, интересовались тем, касаются ли подмеченные связи только моря Скотия или они могут быть распространены на все антарктические воды. Анализу и сопоставлению были подвергнуты все материалы, которые удалось собрать. Так, сведения о течениях дополнены материалами Л. И. Ескина (1959), К. В. Морощкина (1959), В. Г. Леденева (1964) и т. д. Наблюдения А. Г. Наумова (1962), сообщение научной группы на поисковом судне китобойной флотилии «Юрий Долгорукий» и другие, пополнили сведения о местах скоплений криля.

Собранные материалы дали возможность составить схемы, (см. рис. 10).

Они показывают следующее: ареал криля разорван на отдельные подареалы (участки). Все участки обусловлены круговоротами, связывающими течения Западных и Восточных ветров. Карты показывают определяющее значение орографии для разделения течения Восточных ветров на локальные отрезки. Из карт видно, что именно особенности рельефа морского дна обуславливают изменение направления локальных отрезков, на которые делится течение Восточных ветров. В результате создаются предпосылки для образования круговоротов, через которые происходит обмен вод между зонами Западных и Восточных ветров.

Центральным частям этих огромных круговоротов в гидросфере соответствуют центры циклонической деятельности.

Все материалы о распределении криля, собранные судами Атлантиро, наблюдения поисковых кораблей китобойных флотилий других советских экспедиций, сведения из литературных источников свидетельствуют одно и то же. Места, где чаще всего наблюдались эуфаузиевые, связаны с зонами круговоротов, точнее говоря, с окраинными зонами круговоротов, т. е. с теми акваториями, на которых образуются гидрологические фронты.

В зависимости от орографии, системы макротечений и основных закономерностей циркуляции атмосферы ареал криля разорван на локальные участки. Координаты их следующие:

1. 58—73° ю. ш.	30—57° з. д.
2. 62—67° ю. ш.	0—48° в. д.
3. 60—66° ю. ш.	58—85° в. д.
4. 60—65° ю. ш.	95—125° в. д.
5. 58—75° ю. ш.	160° в. д. — 150° з. д.

Причем, имеется в виду, что эти координаты указывают лишь общие границы частей ареала. На примере моря Скотия, а также из сведений о распределении криля в других районах видно, что акватории, на которых создаются наиболее благоприятные условия, ограничены.

Необходимо сказать об ареалах, перечисленных выше. Зона между 0—48° в. д. обозначается как одна. Однако не исключена возможность, что в действительности на этом месте существует два бассейна, обладающих присущими им особенностями режима. Наоборот, задача будущих исследований выяснить, не являются ли ареалы 3 и 4 единими (нумерация ареалов чисто условная, принятая для их обозначения в данной статье).

Наибольший интерес представляет акватория между 180° в. д. и 150° з. д. Это море Росса. Оно так же, как и море Уэдделла, вдается далеко в глубь материка. На западе его ограничивает не только суша (Земля Виктория), но и подводные возвышенности, а также острова (архипелаг Баллени). Над морем Росса существует зона усиленной циклонической деятельности. Все это обуславливает циркуляцию вод, очень похожую на существующую в море Уэдделла. Здесь должны существовать фронтальные зоны. Они, как мы знаем, способствуют образованию концентрации криля на ограниченных пространствах. Наблюдениями такие зоны уже отмечены у островов Баллени.

Если судить по Д. Марру (1962), то море Росса и примыкающие к нему пространства не являются перспективными для промысла криля. Исследователь показывает здесь всего несколько точек поимки большого количества рачков. Однако на 67°00' ю. ш. — 170°00' в. д. криля обнару-

живала экспедиция АН СССР. Около островов Баллени советские китобой много раз наблюдали большие скопления кряля. Если сопоставить эти наблюдения с благоприятными для кряля условиями существования, то можно говорить о перспективности моря Росса. Особенно многообещающей является акватория, примыкающая к морю с северо-запада.

ВЫВОДЫ

1. Ареал кряля должен иметь условия, обеспечивающие возможность возобновления популяции, так как последние личиночные стадии, молодь и взрослые особи оказываются на границе дрейфа Западных ветров или даже попадают в воды этого течения и уносятся на восток.

2. Такие условия создаются в ряде мест южной части Мирового океана (их координаты см. выше). Совокупность этих условий выражается в существовании круговорота водных масс, обеспечивающего непрерывный обмен водами между зоной, граничащей с течением Западных ветров и пришельфовыми течениями Восточных ветров. Обмен в поверхностных слоях дополняется обменом глубинных вод, и в частности притоком к шельфу вод, более теплых, вод субтропического происхождения. Существование таких круговоротов поддерживается всей совокупностью физико-географических условий. В первую очередь это причины планетарного характера и вторые те, которые можно назвать местными. К планетарным следует отнести обмен водами между тропиками и полярными широтами. Местные причины: рельеф, поверхностные течения, система атмосферной циркуляции высоких широт южного полушария.

3. Кряль обитает главным образом в тех водах, через которые осуществляется непосредственная связь между главными течениями (Западных и Восточных ветров). Наибольшее количество рачков собирается вблизи фронтальных зон. Здесь рачки находят благоприятные условия для обитания и размножения. Такие фронтальные зоны образуются около островов, омываемых холодными потоками и имеющими собственные огибные течения.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев К. В. Связь распределения фитопланктона индоокеанского сектора Антарктики с гидрологическими условиями. Доклады АН СССР, 119, № 4, 1959.
- Беклемишев К. В. Влияние антарктических циклонов на поля питания китов в Антарктике АН СССР. Труды Института океанологии. Т. 51, 1961.
- Гайгеров С. С. Вопросы аэрологического строения циркуляции и климата свободной атмосферы Центральной Арктики и Антарктики. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Еския Л. И. К изучению водного и теплового баланса пролива Дрейка. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, № 12. М.—Л., изд-во «Морской транспорт», 1959.
- Зубов Н. Н. Основы учения о проливах Мирового океана. М., Географгиз, 1956.
- Леденев В. Г. Поверхностные течения к северу от Земли Эндерби. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции № 47, М.—Л., изд-во «Транспорт», 1964.
- Морошкин К. В. Измерение течений в юго-западной части Индийского океана электромагнитным методом. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, № 7, Л., изд-во «Морской транспорт», 1959.
- Наумов А. Г. Некоторые черты распределения и биологии *Euphausia superba* Dana. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, № 36. Л., изд-во «Морской транспорт», 1962.

- Таубер Г. М. Океанические центры действия атмосферы в южном полушарии. Результаты исследований по программе Международного геофизического года. «Метеорология и океанология», № 7, 12. М., изд-во «Наука», 1964.
- Трешников А. Ф. Циркуляция поверхностных вод Южного Ледовитого океана. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, № 45. М.—Л., изд-во «Транспорт», 1964.
- Трешников А. Ф. Карта рельефа Антарктики. Проблемы Арктики и Антарктики. Вып. 10. Л., Изд-во «Морской транспорт», 1962.
- Deason R. Outstanding Problems in the Antarctic Ocean. Ann. Internat. Geophys. Year, 1961.
- Magr. G. W. S. The Natural History and Geography of the Antarctic krill. (*Euphausia superba* Dana). Discovery Reports. Vol. XXXII, 1962.
- Mcquillan Hugh. The Antarctic krill. Western Fisheries. Vol. 63, January, 1962.

3. Криль обитает главным образом в тех водах, где существуют минимальные температуры (Завалиных и Восточных ветров). Находясь в количестве 2-3 млрд. особей, криль образует фронтальную зону в Арктике и в Антарктике. В Антарктике криль обитает в основном в водах, где существуют минимальные температуры. В Арктике криль обитает в водах, где существуют минимальные температуры. В Антарктике криль обитает в водах, где существуют минимальные температуры.

В. В. Восточных ветров. Находясь в количестве 2-3 млрд. особей, криль образует фронтальную зону в Арктике и в Антарктике. В Антарктике криль обитает в основном в водах, где существуют минимальные температуры. В Арктике криль обитает в водах, где существуют минимальные температуры.

В. В. Восточных ветров. Находясь в количестве 2-3 млрд. особей, криль образует фронтальную зону в Арктике и в Антарктике. В Антарктике криль обитает в основном в водах, где существуют минимальные температуры. В Арктике криль обитает в водах, где существуют минимальные температуры.

В. В. Восточных ветров. Находясь в количестве 2-3 млрд. особей, криль образует фронтальную зону в Арктике и в Антарктике. В Антарктике криль обитает в основном в водах, где существуют минимальные температуры. В Арктике криль обитает в водах, где существуют минимальные температуры.