

УДК 595.383.1

К БИОЛОГИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ**В. В. Шевцов и Р. Р. Макаров**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наиболее массовый вид эуфаунид Антарктики *Euphausia superba* Dana (антарктический криль), являющийся предметом настоящих исследований, обитает вокруг всей Антарктиды, но распределен он далеко неравномерно. Это связано прежде всего с так называемой тепловой асимметрией вод, омывающей материк (Максимов, 1961). Линия антарктической конвергенции, ограничивающая ареал криля с севера, в Атлантическом океане проходит несколько севернее, чем в Тихом океане (Deacon, 1937). Как можно видеть из рис. 1, заимствованного из работы Марра (Marr, 1962), крайняя северная граница распространения криля в Тихом океане проходит между 66 и 60° ю. ш., в Индийском — примерно на 61° ю. ш., в Атлантическом — между 54 и 52° ю. ш., а в западной его части доходит даже до 50° (Ломакина, 1964¹).

Криль проводит большую часть жизни, за исключением короткого летнего периода, подо льдом или у кромки плавучего льда при температуре 0° С.

Значительную роль в жизни криля играют постоянные течения, идущие вдоль берегов Антарктиды, особенно течение Восточных ветров и течение Уэдделла, проникающие в море Скотия с юга.

Изучение биологии криля началось давно, почти с самого начала развития китобойного промысла в водах Антарктики. Являясь пищей китов, криль изучался именно с этой точки зрения.

Жизненный цикл является наиболее важной характеристикой каждого вида, и исследователи, подходя к решению вопроса с каких угодно позиций, в первую очередь должны уяснить себе этот цикл со всеми его особенностями. Экологически во взаимоотношении со средой исследования должны быть направлены на изучение так называемой жизненной схемы вида, т. е. способа, «...каким каждый вид разрешает основную задачу — самосохранение и распространение» (Беклемишев, 1964).

Современные представления о жизненном цикле криля основываются на нескольких узловых работах, освещающих разные стороны этого

¹ 21 января 1965 г. во время наших исследований половозрелая самка *E. superba* была встречена в точке 51°52' ю. ш. и 51°52' з. д. Это, по-видимому, одна из самых северных находок.

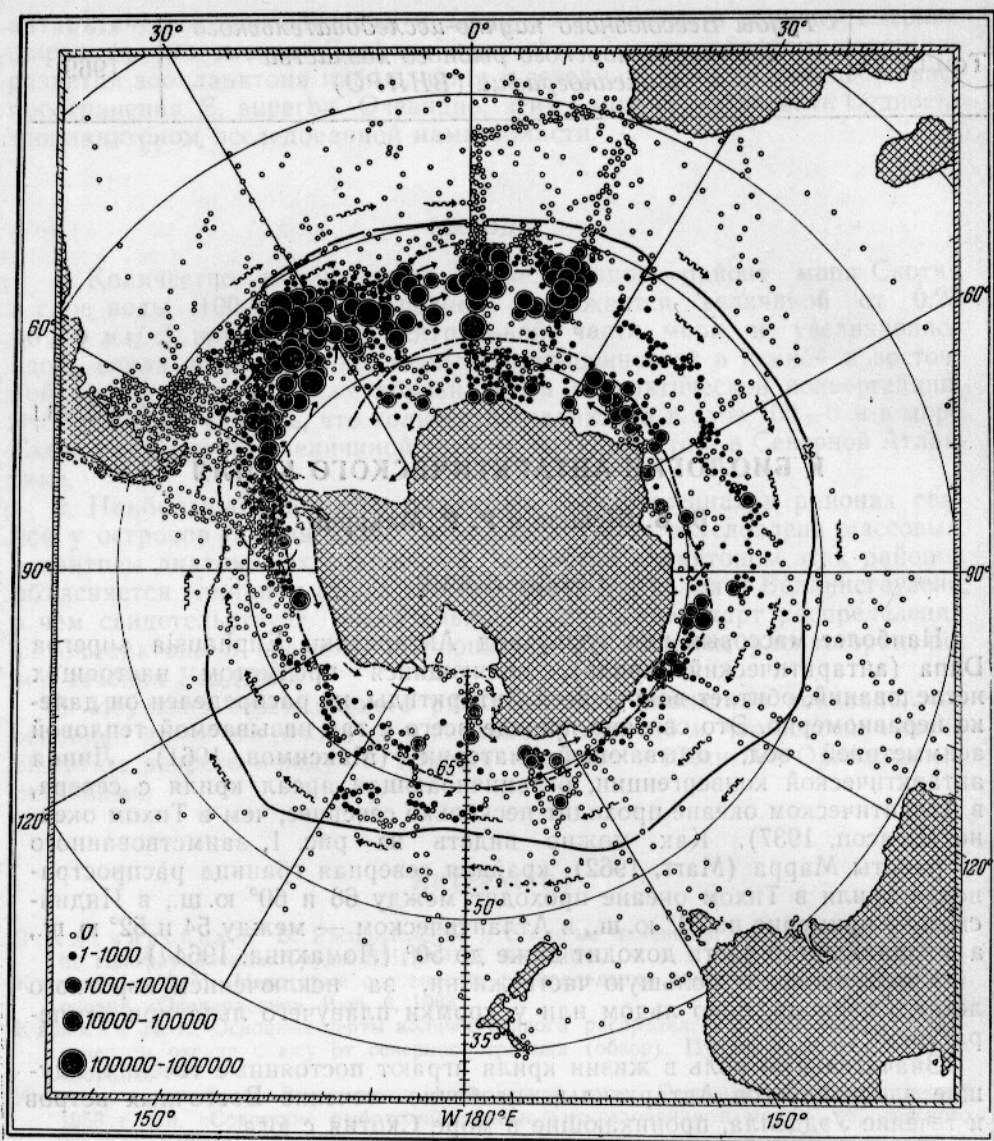


Рис. 1. Распределение криля в водах Антарктики по Марру (Magr, 1962). Круги соответствуют величине улова на один лов планктонной сетью

вопроса. Это труды Баргман (Bargmann, 1937, 1945), посвященные развитию, росту и некоторым сторонам биологии взрослого криля, Фразера (Fraser, 1936) по морфологии и экологии личинок, их разносу и вертикальному распределению в толще воды. И, наконец, сводка Марра (Magr, 1962), подводящая итог всем исследованиям по антарктическому крилю, проведенным экспедицией Дискавери на протяжении нескольких десятилетий.

В последние годы, начиная с 1955 г., когда были предприняты в антарктические воды советские экспедиции на дизель-электроходе «Обь», большое внимание крилю было уделено К. В. Беклемишевым, (1959, 1961, 1964), Н. Б. Ломакиной (1964) и А. Г. Наумовым (1962),

В 1962 г. начаты исследования криля Атлантическим институтом рыбного хозяйства.

Жизненный цикл антарктического криля, по литературным данным, представляется следующим.

Икра криля, по Марру, встречается на глубине 250—500 м, но иногда попадает в значительном количестве на глубине и свыше 1000 м. На этих глубинах происходит выклев личинок. С момента вылупления начинается так называемый подъем с развитием, в ходе которого личинки, поднимаясь в верхние слои, проходят три стадии — науплиус I, науплиус II и метанауплиус.

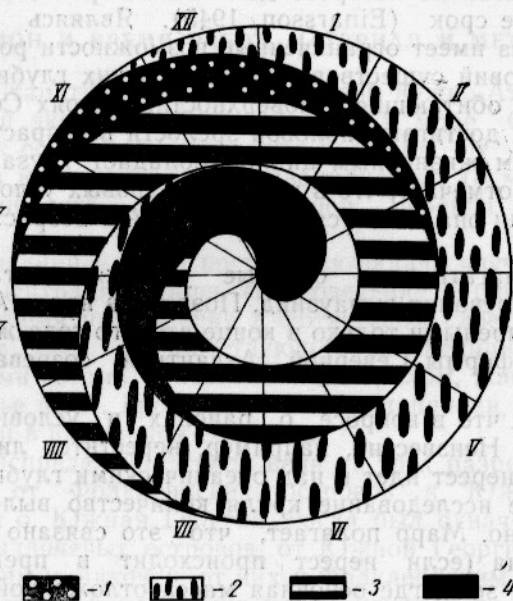


Рис. 2. Схема жизненного цикла антарктического криля:

- 1 — икра; 2 — личинки (первый год существования);
3 — молодь (второй год существования); 4 — взрослые особи (третий год существования).
Римскими цифрами обозначены месяцы

лиус II и метанауплиус. Самостоятельное активное питание личинки начинают на стадии калиптопис I, следующей за стадией метанауплиус, т. е., когда они находятся в 500 м слое, а большинство их — в пределах фотического слоя, богатого фитопланктоном, где они остаются в течение лета, развиваясь до стадий поздних фурцилий. На этих стадиях криль проводит зиму, и только в августе начинает встречаться молодь, закончившая личиночное развитие. Следующее лето молодь проводит опять в фотическом слое, в пределах 150—200 м, где она питается, растет и развивается. В возрасте двух полных лет криль делается половозрелым и, согласно имеющимся литературным данным, после размножения погибает. Баргман (1945) и Марр (1962) допускают, что гибель отнерестовавшей части популяции происходит не сразу после нереста, а только в конце антарктического лета, когда уменьшается количество фитопланктона. Таким образом, продолжительность жизни криля определяется в две зимы и три лета.

На помещенной ниже диаграмме (рис. 2) мы попытались на основе литературных источников дать графическое изображение этого цикла. Для этого: в круге, разбитом на 12 секторов, соответственно 12 месяцам

года изображена спираль, каждый виток которой соответствует году. Возрастные группы обозначены разной штриховкой. На диаграмме прослеживается как в течение трех лет идет развитие криля и виден постепенный переход икры в личинки, личинок в молодь, молодь во взрослых, после чего наступает гибель отнерестовавших рачков. В каждом секторе показано примерное количественное и качественное соотношение особей разных возрастных групп, соответствующее каждому из 12 месяцев года.

Среди эуфаузиид, населяющих северные моря, имеется вид *Thysanopoda acutifrons*, развитие которого до половой зрелости продолжается примерно такой же срок (Einarsson, 1945). Являясь глубоководным видом, *T. acutifrons* имеет ограниченные возможности роста и развития из-за суровых условий существования на больших глубинах. Массовые формы эуфаузиид, обитающие в поверхностных слоях Северной Атлантики, как правило, достигают половой зрелости в возрасте одного года. Таким же коротким жизненным циклом обладает *Thysanopoda inermis*; однако Эйнарссон отмечает, что в наиболее суровых условиях существования у Гренландии она делается половозрелой в возрасте двух полных лет.

Можно предполагать, что суровые условия обитания удлиняют период роста и созревания эуфаузиид. Поэтому в водах Антарктики они становятся половозрелыми только в конце второго года жизни, в то время как массовые формы Северной Атлантики созревают в возрасте года.

Марр отмечает, что в вопросе о районах и условиях многое еще остается неясным. Неизвестно, например, нерестится ли криль только над шельфом или нерест идет и над океаническими глубинами. Несмотря на интенсивное исследование криля количество выловленной икры очень незначительно. Марр полагает, что это связано с трудностями лова икринок у дна (если нерест происходит в пределах шельфа) и в глубоководной зоне, где основная масса отложенной икры должна находиться на глубинах, превышающих самые глубокие ловы планктонными сетями. Руд (Ruud, 1932) предполагает, что нерест криля происходит подо льдом, что затрудняет поимку икры и личинок ранних стадий.

Неизвестно также опускаются ли самки на глубину для нереста или погружаются после вымета икры. Возможно, что здесь совмещены оба процесса.

Фразер (1936) и Баргман (1937) полагают, что развитие икринок антарктического криля не может происходить на небольших глубинах, при малом давлении и в связи с этим икринки тем или иным путем должны достичь больших глубин.

Это приспособление, если оно существует, могло выработаться в связи с переносом икры к югу с водными массами атлантического происхождения.

Рассматривая горизонтальные перемещения криля, Марр не считает этот вопрос достаточно ясным. Он предполагает, что личинки ранних стадий уносятся глубинным течением к югу, ближе к материку. После «подъема с развитием» жизнь криля протекает в поверхностном течении, движущемся к северу и северо-востоку.

На приспособление планктона Антарктики к поверхностным и глубинным течениям, направленным в противоположные стороны, указывал в свое время Макинтош (Makintosh, 1934). Сезонные вертикальные миграции из одного слоя в другой и перемещение с ними в разные сезоны в противоположных направлениях позволяют животным удержи-

ваться в пределах основного района обитания. Возможно это относится также и к крилю.

Наумов (1962) указывает, что наблюдения, проведенные на дизель-электроходе «Обь», подтверждают это предположение.

Руд (1932) и К. В. Беклемишев (1959, 1961) отмечают, что вблизи льдов встречается только молодь криля. Во время плавания научно-промыслового судна «Академик Книпович» наиболее мелкий криль был отмечен в море Уэдделла, а наиболее крупный — к северо-востоку от Оркнейских островов, т. е. примерно на 200 миль севернее.

РАЙОН И ВРЕМЯ РАБОТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Изучение антарктического криля первой Южно-Атлантической научно-промысловой экспедицией проводилось в море Скотия и районах, прилегающих к островной дуге с юга и севера от нее. Исследования были начаты в конце января и проводились до 18 марта, когда судно «Академик Книпович» покинуло район, перейдя к Фолклендским островам.

Перед экспедицией была поставлена задача изучить распределение и условия концентрации криля, его поведение и биологический состав скоплений во время нахождения в фотическом слое в период откорма. В отличие от всех предшествующих экспедиций криля ловили не планктонными сетями, а пелагическим тралом, конструкция которого описана в статье М. Я. Гройсмана, Г. Н. Степанова и Э. А. Карпенко, опубликованной в настоящем сборнике.

Изучение распределения криля вели на трех разрезах, пересекавших море Скотия от Фолклендских островов к Южным Оркнейским, от последних к о. Южная Георгия, когда был охвачен район к западу от Южных Сандвичевых островов, от Южной Георгии к Южным Оркнейским островам и, наконец, от них к Фолклендским островам. Помимо этого распределение и поведение криля изучали во время проведения специальных поисковых галсов, которые захватывали районы скоплений. Многосуточные наблюдения были проведены к северо-востоку от Южных Оркнейских островов и к северу от о. Южная Георгия (рис. 3 и 4).

Первую декаду февраля суда АтланНИРО «Орехово» и «Обдорск» проводили поиск криля в районе Южных Шетландских островов. В последующее время эти суда работали вместе с судном «Академик Книпович», отрабатывая технические приемы лова криля бортовыми ловушками и другими орудиями лова. Всего за период исследований судно «Академик Книпович» провело более 170 ловов криля, многие из которых представляли промышленный интерес.

Почти из каждого улова трала брали материал для биологического анализа; анализировали не менее 200 экз. криля. Определяли размерный, половой, весовой и возрастной состав. Длину рачков измеряли в соответствии с общепринятой методикой — от конца рострума до конца тельсона с точностью до 1 мм.

Вариационные ряды длины криля составлялись через 3 мм — 24—27—30 и т. д. При анализе криль каждой размерной группы (в пределах 3 мм) взвешивали на аптекарских весах. Всего было подвергнуто биологическому анализу около 25 тыс. рачков.

При обработке материала вся акватория, охваченная исследованиями, была разделена на районы в соответствии с особенностями криля, находящегося там, а также с учетом сроков работ и географического положения каждого из этих районов (табл. 1).

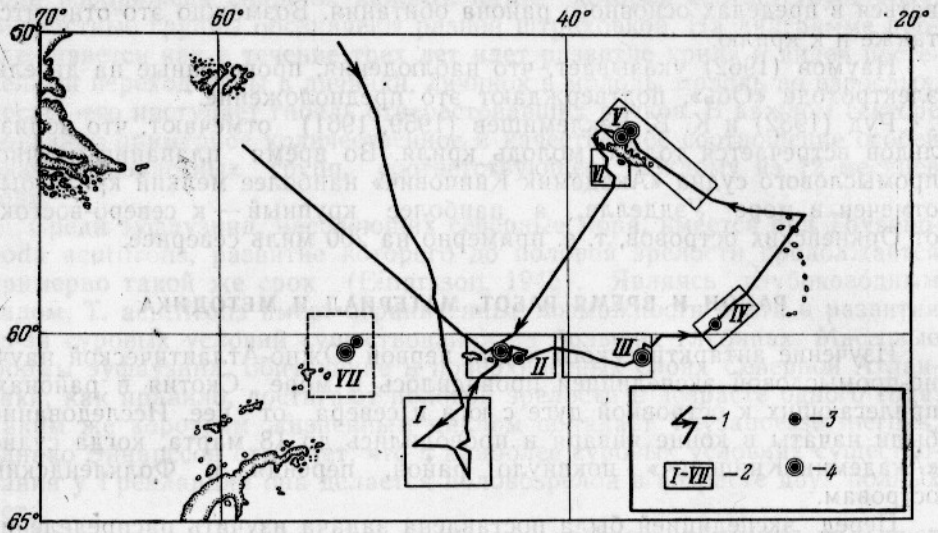


Рис. 3. Маршрут судна «Академик Книпович» и районы работ.

1 — маршрут судна «Академик Книпович»; 2 — районы работы I—VI судна «Академик Книпович», VII «Муксун»; 3 — «пятна криля, встреченные»; 4 — «пятна» криля, обловленные

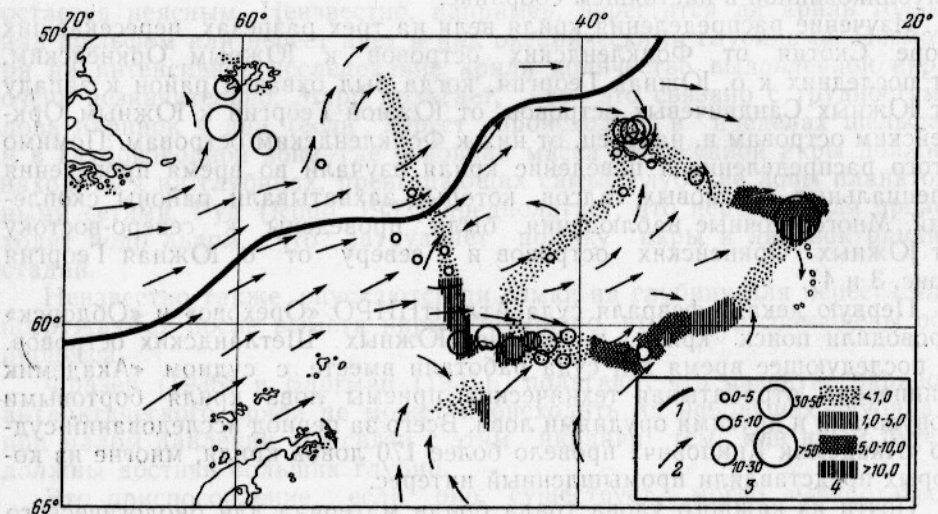


Рис. 4. Условия обитания исследованных концентраций криля:

1 — зона антарктической конвергенции; 2 — течения; 3 — первичная продукция — $C/m^3/день$; 4 — сестон в слое 25—0 м (в mg/m^3)

Район I. Расположен к югу, юго-западу от Южных Оркнейских островов над океаническими глубинами порядка 3000 м. Здесь криль встречался только в толще воды и не образовывал скоплений у поверхности.

Район II. Расположен к северо-востоку, востоку от Южных Оркнейских островов. Здесь проводили работы как над островным шельфом, так и в районе свала и океанических глубин до 3000 м.

Характеристика районов и собранного материала

Район	Название района	Координаты		Дата работ	№ станции	№ трала	Число проб	Количество исследованных рачков
		широта (южная)	долгота (западная)					
I	К югу от Оркнейских островов	61°50' 64°00'	49°35' 44°30'	30/I—3/II	59—88	11—32	13	4193
II-A	К востоку от Южных Оркнейских островов	60°00' 61°15'	46°05' 40°50'	5/II—10/II	89—116	33—70	23	6751
II-B	К востоку от Южных Оркнейских островов	61°15'	»	10/II—19/II	117—142	71—109	16	4284
III	Между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами	60°00' 61°15'	40°30' 35°30'	19/II—20/II	143—150	110—116	6	1680
IV	К западу от Южных Сандвичевых островов	59°40' 58°30' 59°10' 60°30'	33°00' 30°20' 29°10' 31°50'	22/II	156—158	117—119	3	1094
V	Северное побережье о. Южной Георгии	53°10' 52°20' 55°15' 56°05'	38°30' 37°15' 31°25' 32°40'	25/II—9/III	163—183	120—171	27	6058
VI	Юго-западное побережье о. Южная Георгия	54°05' 55°15'	38°45' 36°30'	11/III	185—187	172—176	3	535

Собранный материал существенно различается по времени, поэтому он разделен на район II а и район II б.

Районы III и IV. После работ в районе II был предпринят поиск в направлении Южных Сандвичевых островов. По пути было сделано несколько тралений в двух местах — между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами, где отмечались некоторые количества криля в толще воды (район III), а также вблизи Южных Сандвичевых островов несколько западнее (район IV), где были встречены скопления у поверхности.

Районы V и VI. В районе V к северу от о. Южной Георгии были встречены самые большие скопления криля из всех, какие нам приходилось видеть во время экспедиции. Исследования криля на южной стороне острова показали, что он резко отличается от криля северного побережья. Это послужило основанием для выделения южной части прибрежных вод острова в самостоятельный район (район VI).

В районе VII (см. рис. 3) в зиму 1963/64 г. исследования производил траулер «Муксун» — АтлантНИРО.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИЛЯ ИЗ МОРЯ СКОТИЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ

Размерный состав

Для каждого из обследованных районов были составлены графики размерного состава криля суммарно по всем пробам. На оси абсцисс откладывали длину криля, по оси ординат — частоту встречаемости особей каждой размерной группы, выраженную в процентах. Для удобства сравнения графиков на каждом из них введено деление на классы (с 1 по 5), объединяющее каждые три размерные группы (рис. 5).

При сравнении графиков видно, что размерный состав криля каждого района представлен, как правило, одновершинной кривой, причем пики приходятся обязательно или на 2-й или на 4-й классы. И это не случайно. Очевидно, особи, попадающие на 2-й класс, являются молодью, живущей второй год. Это так называемый криль синих китов (Марр, 1962). 4-й класс — это половозрелый, нерестящийся или готовящийся к нересту в этом году криль, живущий третий год, так называемый криль финвалов. Размеры, типичные для этих двух классов, соответствуют данным Марра.

Криль второго класса преобладает в I, III и IV и V районах. В каждом из них, особенно в I и III, присутствует некоторое количество криля, относящегося к 3-му и 4-му классам, который практически отсутствует только в IV районе, где нами была встречена только молодь.

В районе V криль 2-го класса представлен менее отчетливо и изображен на графике двумя вершинами (33—36 и 39—42), что, по-видимому, отражает гетерогенность молодежи данного района.

Преобладание криля 4-го класса (мода 51—54)¹, отмечено только в одном IIБ районе, где вариационная кривая, характеризующая размерный состав криля, является как бы зеркальным отражением вариационных рядов I, III и IV районов. То, что криль в разных районах характеризуется различными, взаимоисключающими друг друга кривыми, свидетельствует о раздельном существовании криля разных возрастных групп.

¹ Здесь и далее имеется в виду модальная группа.

С крайне интересными фактами изменения размерного состава криля мы встретились в районе Южных Оркнейских островов. Уловы в первые дни в этом районе характеризовались крупным крилем, который образовывал достаточно плотные скопления. Через несколько дней размерный состав уловов резко изменился. Крупного криля стало очень мало, размер уловов уменьшился, в трал стал попадать мелкий криль. Поиски

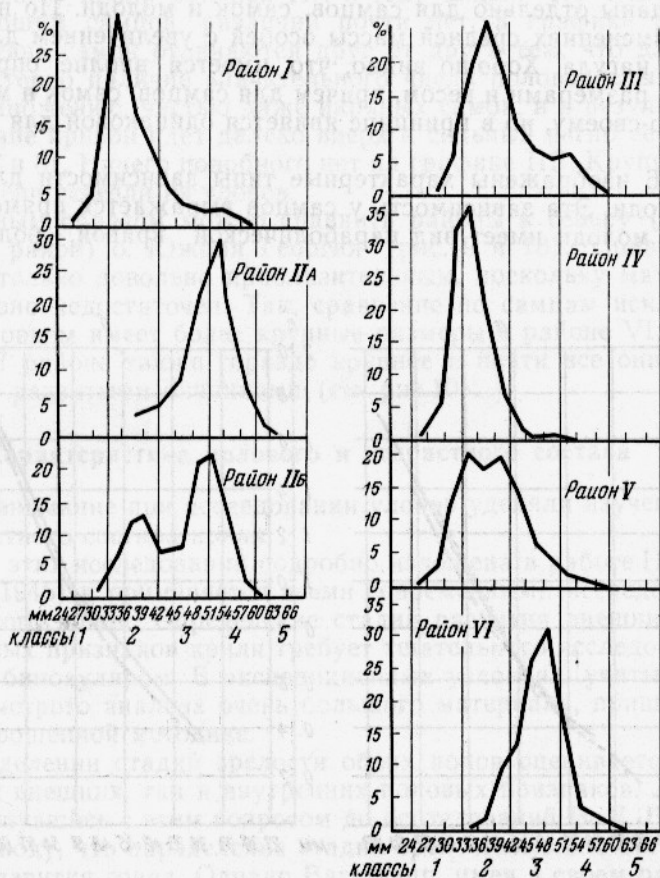


Рис. 5. Размерный состав криля по районам

крупного криля в этом районе, а также в смежных областях моря успехом не увенчались. Очень небольшое количество крупного криля было обнаружено в придонных горизонтах с помощью донного трала.

Интересна смена размерного состава, наблюдавшаяся во втором районе. Через неделю после начала работ здесь, в районе IIб (см. в табл. 1), в уловах появилась молодежь (2-й класс) и в то же время происходит уменьшение количества половозрелых рачков (4-й класс). Вариационная кривая в этом случае имеет два пика, соответствующих обеим размерным группам.

Район VI отличается от всех остальных тем, что вершина вариационной кривой, характеризующей размерный состав криля, обитающего здесь, приходится на 3-й класс (мода 48—51). Как будет показано ниже, это объясняется преобладанием среди обычной молодежи, относящейся ко 2-му классу, особей более крупного размера, чем в других районах.

Размерно-весовая характеристика

Во время биологического анализа проводили групповое взвешивание крыля каждой размерной группы и затем вычисляли среднюю массу одного экземпляра в ней. По этим данным построены графики размерно-вещового состава крыля для наиболее важных районов, в которых удалось получить достаточное количество материала.

Кривые даны отдельно для самцов, самок и молоди. По ним можно судить об изменениях средней массы особей с увеличением длины в течение срока нагула. Хорошо видно, что имеется вполне определенная связь между размерами и весом, причем для самцов, самок и молоди она выражена по-своему, но в принципе является одинаковой для всех районов.

На рис. 6 изображены характерные типы зависимости для самцов, самок и молоди. Эта зависимость у самцов выражается прямой линией, а у самок и молоди имеет вид параболической кривой, более крутой у последних.

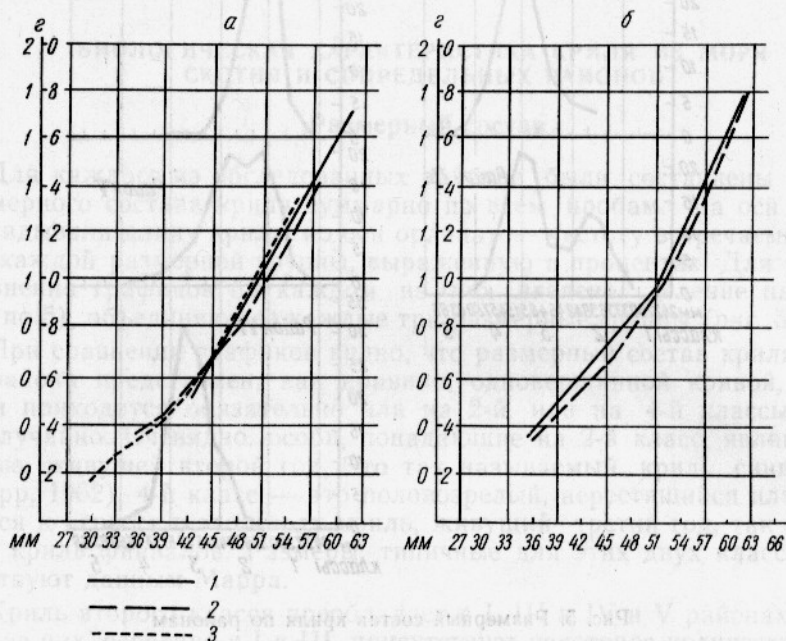


Рис. 6. Типы кривых размерно-вещового соотношения:

а: 1 — самцы; 2 — самки; 3 — молодь; б: два возможных способа выражения размерно-вещового соотношения для самок (ломаной линией обозначается соответствующей двум периодам развития; параболической кривой, соответствующей развитию без существенных качественных изменений)

Известно (Баргман, 1945), что самки растут медленнее, чем самцы, поэтому нижняя часть кривой для самок идет под более острым углом к оси абсцисс, чем у самцов. По мере роста самок этот угол возрастает, что связано с начавшимся интенсивным развитием яичников, и верхняя часть кривой теперь располагается под большим углом к оси абсцисс, чем у самцов. Совершенно очевидно, что размерно-вещовой рост самок на данном этапе происходит быстрее, чем у самцов. Следовательно, оба этапа роста и развития самок можно изобразить на графике двумя прямыми, каждая из которых характеризует один из этих этапов (рис. 6, б).

Что касается размерно-весовой характеристики молодежи, то она выражена параболической кривой. Несмотря на то что тип зависимости между размером и весом самцов, самок и молодежи во всех районах одинаков, все же при сравнении районов по этим графикам можно получить некоторые косвенные данные, касающиеся отдельных этапов жизненного цикла, протекающих в это время в этих районах.

Сравнив массу крыля районов IА и IБ, видно, что между весом, характеризующим самцов, различий почти нет, а графики размерно-весового состава самок отличаются друг от друга тем, что для графика IА характерно наличие значительного числа половозрелых, готовящихся к размножению, частью даже икряных самок, и в результате этого продолжение кривой идет далеко вверх и сильный изгиб ее к оси ординат (рис. 7 и 8). Ничего подобного нет на графике IБ. Крупные самки к этому времени исчезли из уловов.

Аналогичным образом можно сравнить районы к северу (V район) и к югу (VI район) о. Южная Георгия (рис. 9 и 10). Сравнение это может быть только довольно приблизительным, поскольку материал по VI району явно недостаточен. Так, сравнение по самцам исключается; молодежь в основном имеет более крупные размеры в районе VI, чем в V, а самки в VI районе также гораздо крупнее и почти все они икряные или с сильно развитыми яичниками (см. рис.10).

Характеристика полового и возрастного состава

Большое внимание при исследовании уловов уделяли изучению полового и возрастного состава крыля.

Методика этих исследований подробно изложена в работе Н. Е. Вагтманн (1937, 1945) и применяется всеми современными исследователями антарктического крыля. Определение стадий развития внешних и внутренних половых признаков крыля требует тщательного исследования материала под биноклем. В экспедиционных условиях, учитывая необходимость быстрого анализа очень большого материала, пришлось прибегнуть к упрощенной методике.

При определении стадий зрелости обоих полов оценивается степень развития как внешних, так и внутренних половых признаков. J. T. Ruid (1932), столкнувшись с этим вопросом до исследований Н. Е. Вагтманн, пришел к выводу, что определение стадий зрелости можно вести только по степени развития гонад. Однако Вагтманн, имея в своем распоряжении более массовый материал, показала, что это не совсем так. Сравнивая степени развития внешних и внутренних половых признаков, она установила наличие корреляции между ними, хотя и недостаточно полной.

Опираясь на данные Н. Е. Вагтманн, мы сочли возможным руководствоваться состоянием только внешних половых органов.

При анализе всех проб проводили распределение материала на половозрелых (взрослых) и на неполовозрелых (молодь) особей. К взрослым самцам мы относили только тех особей, у которых оказывалась полностью сформированной петазма, т. е. относящихся по классификации Н. Е. Вагтманн к стадии G, все остальные самцы были отнесены нами к молодежи. При разделении самок возникли некоторые затруднения.

Выделяя половозрелых самок, мы ориентировались на окраску теликума и относили к ним только тех, теликум которых был хорошо заметен невооруженным глазом, будучи окрашен в ярко-красный цвет. На массовом материале нами установлено, что размеры самок с ярко окрашенным теликумом, которых мы условно называем «самками без спер-

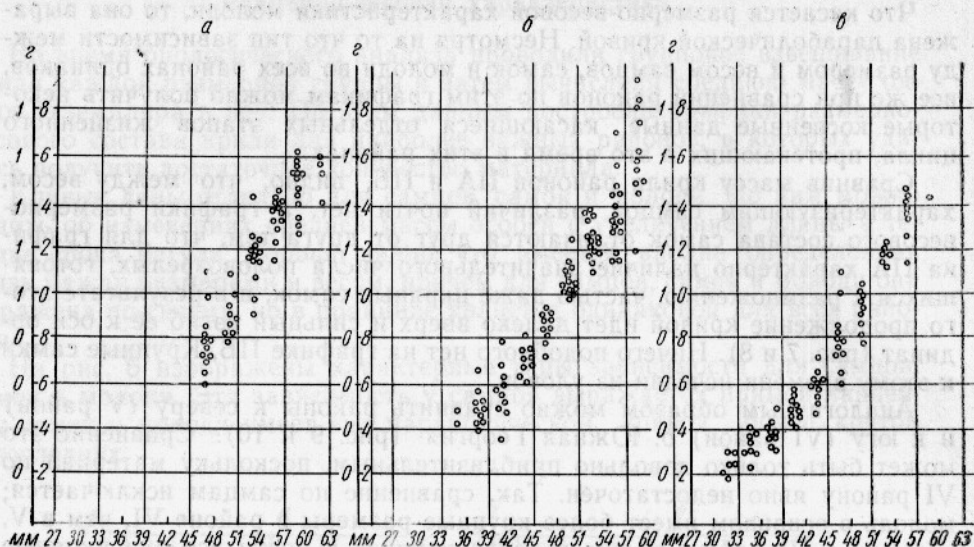


Рис. 7. Размерно-весовая характеристика крыла района ПА:

а — самцы; б — самки; в — молодь

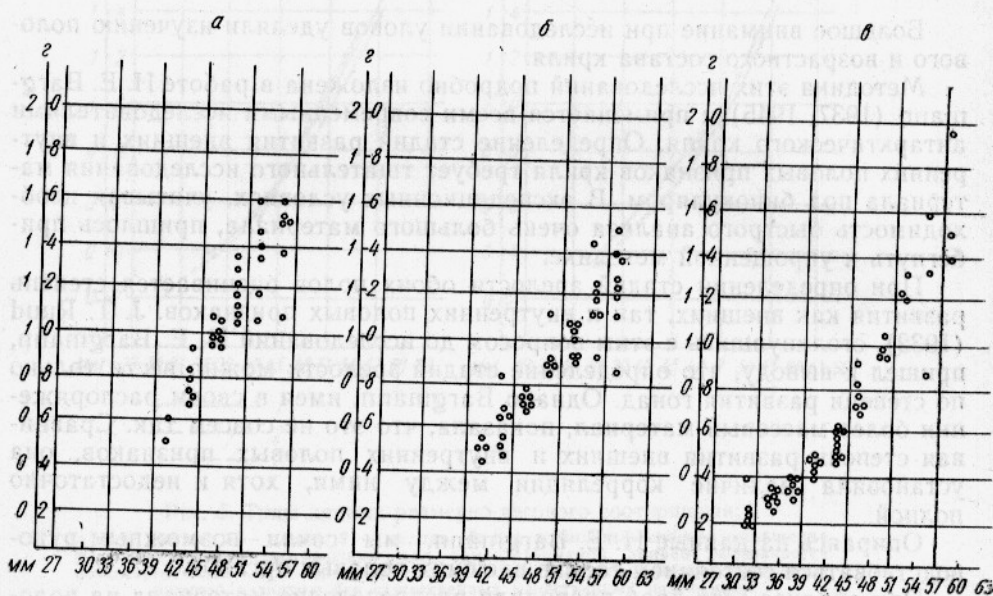


Рис. 8. Размерно-весовая характеристика крыла района ПБ:

а — самцы; б — самки; в — молодь

матофоров», в общем совпадают или бывают на одну размерную группу меньше, чем размеры самок, несущих на теликуме сперматофоры (табл. 2). Самок со сперматофорами, очевидно, можно считать половозрелыми. Таким образом, выделяемые нами половозрелые самки соответствуют *D E F G H* стадиям классификации Н. Е. Vargmann.

Остальные самки были отнесены к молодежи. Разделение молодежи на полы не проводили. В процессе анализа половозрелых самок мы учи-

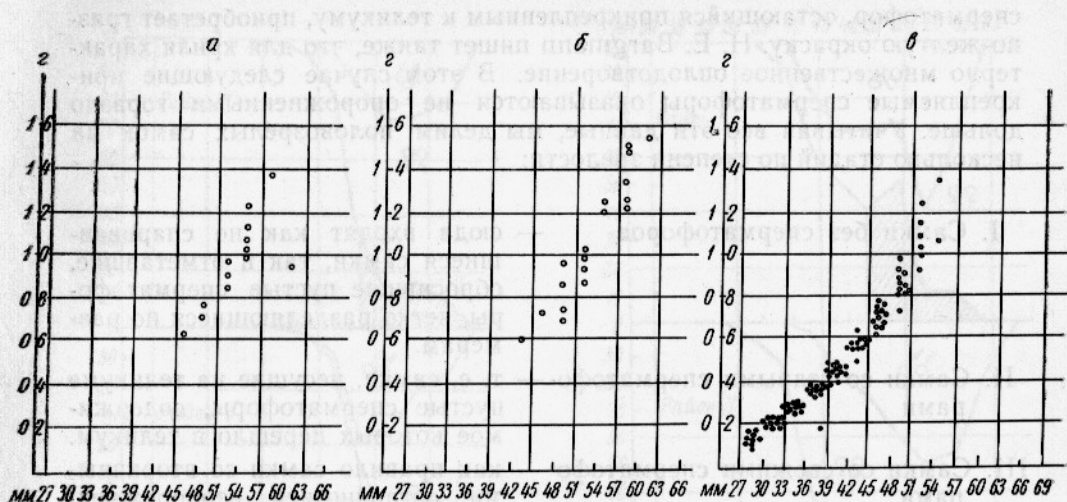


Рис. 9. Размерно-весовая характеристика крыля района V:

а — самцы; б — самки; в — молодь

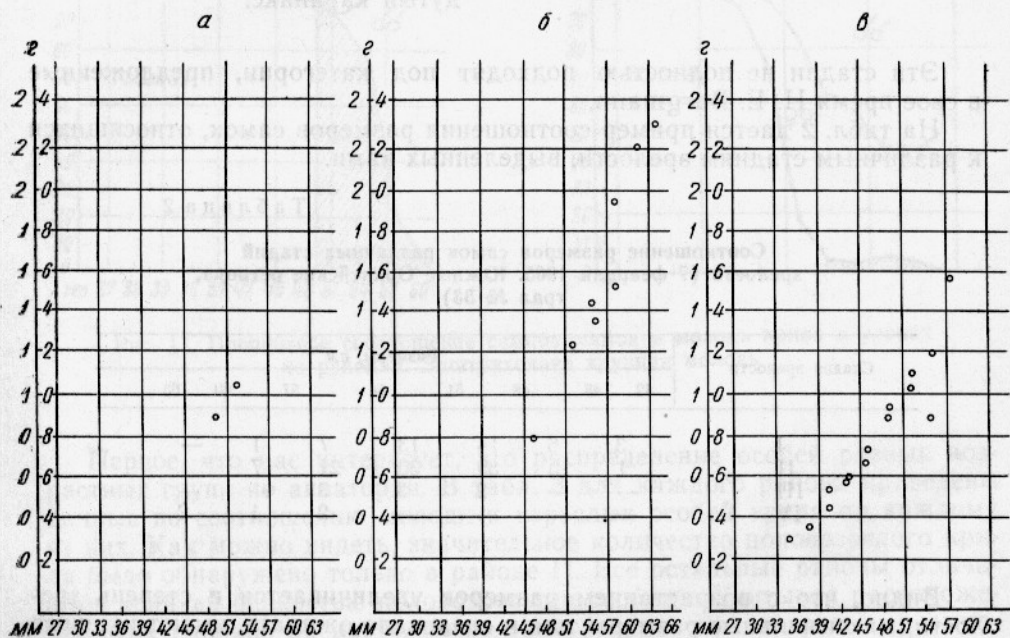


Рис. 10. Размерно-весовая характеристика крыля района VI:

а — самцы; б — самки; в — молодь

тывали состояние сперматозоидов для того, чтобы выяснить особенности, связанные с процессами спаривания и нереста.

Как известно (Bargmann, 1937), самцы в процессе спаривания прикрепляют к теликуму самки два сперматозоида (реже один). Сперматозоид, наполненный спермой, имеет белый цвет. Довольно быстро, однако, сперма из него переходит в семяприемную камеру теликума. Здесь она и сохраняется до созревания яиц. Оплодотворение — внешнее. Пустой

сперматофор, остающийся прикрепленным к теликуму, приобретает грязно-желтую окраску. Н. Е. Vargmann пишет также, что для криля характерно множественное оплодотворение. В этом случае следующие прикрепляемые сперматофоры оказываются не опорожненными гораздо дольше. Учитывая все эти данные, мы делим половозрелых самок на несколько стадий по степени зрелости:

- I. Самки без сперматофоров — сюда входят как не спаривавшиеся самки, так и отметавшие, сбросившие пустые сперматофоры, четко разделяющиеся по размерам.
- II. Самки со старыми сперматофорами — т. е. самки, несущие на теликуме пустые сперматофоры, содержимое которых перешло в теликум.
- III. Самки со свежими сперматофорами — как правило самки со вторичными, оставшимися неопорожненными сперматофорами.
- IV. Икранные самки — могут нести любые сперматофоры, но имеют характерный раздутый карапакс.

Эти стадии не полностью подходят под категории, предложенные в свое время Н. Е. Vargmann.

На табл. 2 дается пример соотношения размеров самок, относящихся к различным стадиям зрелости, выделенных нами.

Таблица 2

Соотношение размеров самок различных стадий зрелости (7 февраля 1965. Южные Оркнейские острова, трал № 53)

Стадия зрелости	Размеры, см							
	42	45	48	51	54	57	60	63
I		3	6	14	13	7	1	—
II		1	13	39	30	21	7	1
III		—	—	2	3	3	—	—
IV		—	—	—	—	2	1	2

Видно, что с возрастанием размеров увеличивается и степень зрелости, максимальные размеры, как и следовало ожидать, имеют икранные самки. Самок без сперматофоров, имеющих примерно одинаковые размеры с икрянными, можно считать отметавшими.

Таким образом, учитывая размеры самок и стадии их зрелости, можно говорить о ходе спаривания и нереста. Однако в нашем случае пришлось ограничиться только констатацией одного этого факта для каждого из районов, где встречались половозрелые самки, так как малая продолжительность сроков работ в каждом районе лишала нас, естественно, возможности проследить динамику этих процессов.

Переходим теперь к изложению материалов, касающихся вопросов, связанных с возрастным и половым составом криля в период нашей работы.

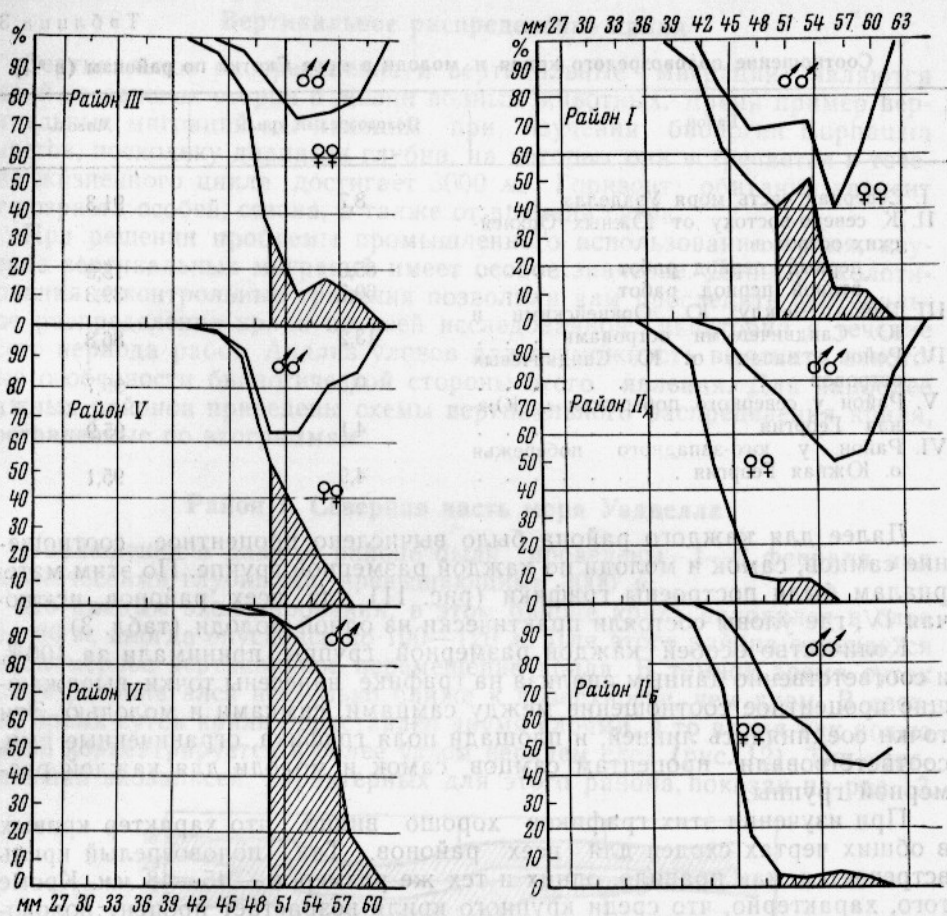


Рис. 11. Процентное соотношение самцов, самок и молоди криля в уловах по районам. Заштрихована крупная молодежь

Первое, что нас интересует, это распределение особей разных возрастных групп по акватории. В табл. 3 для каждого района приведены данные по соотношению молоди и взрослых особей криля по каждому из них. Как можно видеть, значительное количество половозрелого криля было обнаружено только в районе II. Все остальные районы отличаются крайней бедностью половозрелыми особями. Учитывая расположение этих районов на карте, легко заметить, что половозрелые, размножающиеся в этом сезоне особи представлены в значительном количестве только в районе островного шельфа (Южные Оркнейские острова). В отдалении от островных районов над океаническими глубинами встречается почти исключительно молодежь, а половозрелый криль всегда составляет очень незначительную часть улова, что хорошо видно на примере районов I, III и IV.

Рассмотренная особенность представляет несомненный интерес, и позднее мы остановимся на этом явлении более подробно.

Исключение составляет только район о. Южной Георгии, где у берега были встречены скопления криля, состоящие почти исключительно из молодых рачков.

Соотношение половозрелого криля и молоди в море Скотия по районам (в %)

Район	Половозрелый криль	Молодь
I. Северная часть моря Уэдделла	8,7	91,3
II. К северо-востоку от Южных Оркнейских островов		
первый период работ	85,0	15,0
второй период работ	60,7	39,3
III. Район между Ю. Оркнейскими и Ю. Сандвичевыми островами	13,2	86,8
IV. Район к западу от Ю. Сандвичевых островов	0,3	99,7
V. Район у северного побережья о. Южная Георгия	4,1	95,9
VI. Район у юго-западного побережья о. Южная Георгия	4,9	95,1

Далее для каждого района было вычислено процентное соотношение самцов, самок и молоди по каждой размерной группе. По этим материалам были построены графики (рис. 11) для всех районов, исключая IV, где уловы состояли практически из одной молоди (табл. 3).

Количество особей каждой размерной группы принимали за 100% и соответственно данным анализа на графике нанесены точки, выражающие процентное соотношение между самцами, самками и молодью. Эти точки соединялись линией, и площади поля графика, ограниченные ими, соответствовали процентам самцов, самок и молоди для каждой размерной группы.

При изучении этих графиков хорошо видно, что характер кривых в общих чертах сходен для всех районов. Так, половозрелый криль встречается, как правило, одних и тех же размеров — 45—48 мм. Кроме того, характерно, что среди крупного криля возрастает процент половозрелости самок. Таким образом, близкие данные по размерно-возрастному составу криля разных районов свидетельствуют об однородности его популяции для отдельных районов моря Скотия.

В некоторых пробах нам попадались особи с недостаточно развитой петазмой и почти неразвитыми внутренними половыми органами (степень развития петазмы соответствовала обычно стадиями В или С по классификации Bargmann (1945). По величине эти особи были крупнее обычных половозрелых самцов или, во всяком случае, равны им. Аналогичное явление у самок обнаружено не было (см. рис. 11).

Исследователями криля отмечалось, что особи одного и того же поколения сильно варьируются в размерах. Причина этого, по мнению Graser (1936), Bargmann (1945) и Magg (1962), заключается в том, что появление особенно крупных особей связано, по всей вероятности, с условиями откорма.

Проведенный анализ на жирность (статья Крючковой, Макарова опубликована в настоящем сборнике) этой молоди дал самые высокие для криля цифры — от 6,3 до 7,2%. Высокая жирность именно этой молоди может служить, по-видимому, определенным подтверждением предложения, высказанного выше.

Можно предполагать, что в этих условиях рост рачков опережает их развитие. Очевидно, к тому же, что это явление более резко выражено у самцов, имеющих, как указывала Bargmann, более высокий темп роста.

Вертикальное распределение криля

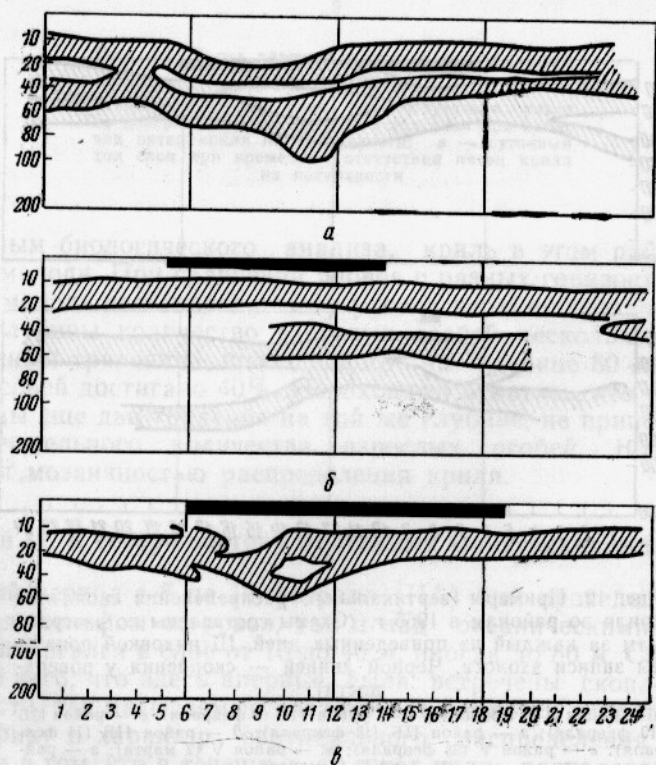
Вертикальное распределение и вертикальные миграции являются одной из важных сторон в жизни водных животных. Яркий пример вертикальных миграций мы находим при изучении биологии *Euphausia superba*, поскольку диапазон глубин, на которых она встречается в течение жизненного цикла, достигает 3000 м. Горизонт обитания зависит от возраста особей, сезона, а также от времени суток.

При решении проблемы промышленного использования криля, изучение вертикальных миграций имеет особое значение. Данные эхолотирования и контрольные траления позволили нам проследить вертикальное распределение криля по всей исследованной акватории в течение всего периода работ. Анализ уловов дал возможность выяснить некоторые особенности биологической стороны этого явления. Для наиболее важных районов приведены схемы вертикального распределения криля, составленные по эхограммам.

Район I. Северная часть моря Уэдделла

Наблюдения в данном районе были проведены 1—3 февраля над океаническими глубинами, превышающими 3000 м.

По данным эхолотирования, в этом районе криль находился в слое 15—60 м, иногда опускаясь до 100—120 м. Для этого района отмечается закономерное вертикальное перемещение криля. В темное время суток криль располагался несколько ближе к поверхности, чем днем. В светлое время суток криль представлен двумя слоями, в то время как ночью криль концентрируется в более узком верхнем слое (рис. 12). Тип перемещений эхозаписей, характерных для этого района, показан на рис. 13.



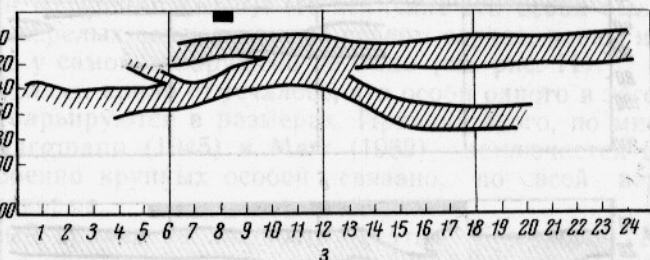
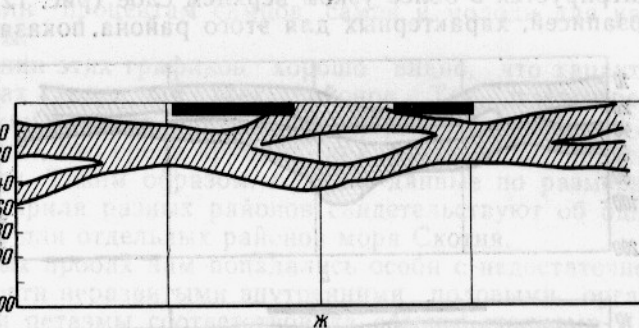
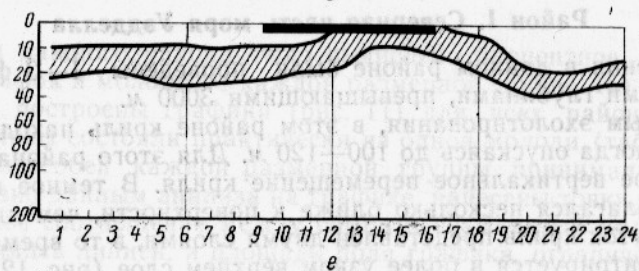


Рис. 12. Примеры вертикального распределения скоплений крыля по районам в 1965 г. (Схемы составлены по эхограммам за каждый из приведенных дней. Штриховкой показаны записи эхолота. Черной линией — скопления у поверхности):

a — район I (3 февраля); *б* — район IIА (8 февраля); *в* — район IIБ (10 февраля); *г* — район IIБ (13 февраля); *д* — район IIБ (14 февраля); *е* — район V (28 февраля); *ж* — район V (2 марта); *з* — район V (3 марта)

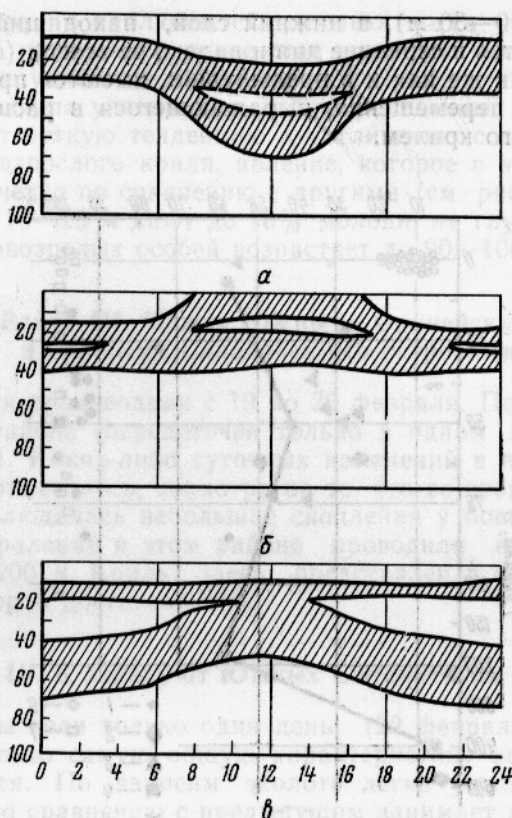


Рис. 13. Типы вертикального распределения скоплений криля:

a — суточный ход слоя при отсутствии пятен на поверхности; *b* — суточный ход слоя при наличии пятен криля на поверхности; *v* — суточный ход слоя при временном отсутствии пятен криля на поверхности

По данным биологического анализа, криль в этом районе состоял на 91% из молоди. При сравнении уловов с разных горизонтов (рис. 14) видно, что молодь составляет основу уловов верхних горизонтов. С увеличением глубины количество взрослых особей несколько возрастает. Так, по данным траления, проведенного на глубине 80 м, количество взрослых особей достигало 40%. Необходимо отметить, что в этом районе проведены еще два траления на той же глубине, не принесшие сколь-нибудь значительного количества взрослых особей. Возможно, это объясняется мозаичностью распределения криля.

Район II. К северо-востоку от Южных Оркнейских островов

В первый период с 5 по 10 февраля (IIA) был проведен ряд тралений как над шельфом островов, так и над океаническими глубинами. Криль располагался в слое от 10 до 40 м, иногда до 80 м. Следует отметить, кроме того, что здесь впервые были встречены скопления криля у поверхности, так называемые пятна. Наличие пятен вносит определенную специфику в характер вертикального распределения криля. Это выражается в том, что в течение всех суток криль располагается в верх-

нем слое воды (10—30 м), а нижний слой, находящийся на глубинах 30—60 м, появляется в середине дня и далеко не всегда (см. рис. 12, б, в). В этом районе, так же как и в предыдущем, имеются признаки суточного вертикального перемещения, выражающегося в расширении по глубине слоя, занятого крилем.

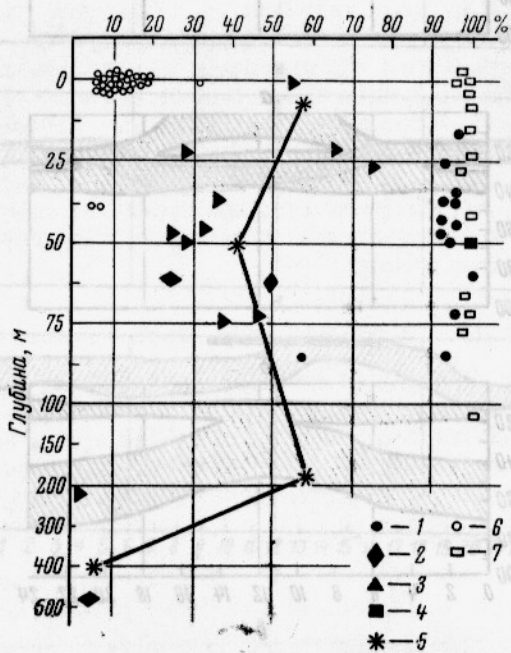


Рис. 14. График возрастной стратификации криля по глубинам:

1 — район I; 2 — район IIA (первая зона); 3 — район IIB; 4 — район V (первый период); 5 — трапы вертикального разреза; 6 — район IIA (вторая зона); 7 — район V (второй период). По оси абсцисс дается % молодежи

Улов криля в этом районе состоял в отличие от улова криля I района из половозрелых особей, которые и образовывали пятна у поверхности. Молодь составляла в среднем не более 15% от общего количества особей.

Рассматриваемый район по характеру распределения криля можно разделить на две зоны. В первой зоне, расположенной над островным шельфом, пятен не обнаружено. Они были встречены во второй зоне района над материковым склоном и океаническими глубинами. Криль в этих зонах отличается по своим биологическим особенностям, что отражается на характере его вертикального распределения. В первой зоне больше молодежи с уменьшением глубины траления. Во второй зоне — возрастной градиент по глубинам не наблюдается.

Во второй период, с 10 по 15 февраля, работы проводили примерно в том же районе, что и в предыдущем. Однако обстановка существенным образом изменилась. Пятна криля не наблюдались. Вертикальное распределение и перемещение криля в течение суток во многом напоминало таковое в северной части моря Уэдделла. В светлое время суток криль опускался и рассредотачивался, образуя два слоя. Один из них — верхний — расположен на глубине 15—30 м, а нижний — на 40—70 м.

Аналогичная картина наблюдается и ночью, когда криль поднимается в более высокие, приповерхностные слои воды (см. рис. 12, з, д).

Количество крупного половозрелого криля значительно снизилось, снизилась и величина уловов. Траления, проведенные на разных глубинах, показывают четкую тенденцию к увеличению с глубиной процента половозрелого, взрослого криля, явление, которое в этом районе выражено наиболее четко по сравнению с другими (см. рис. 14). Так, траления на глубине 10—25 м дают до 70% молоди, на глубинах 200—400 м количество половозрелых особей возрастает до 90—100%.

Район III. Между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами

Исследования производили с 19 по 20 февраля. По данным эхолота, криль в этом районе сосредоточен только в одном подповерхностном слое (10—15 м). Каких-либо суточных изменений в вертикальном распределении не отмечалось, несмотря на то что во вторую половину дня 20 февраля наблюдались небольшие скопления у поверхности. Следует отметить, что траления в этом районе проводили над океаническими глубинами, до 200 м. Криль здесь представлен в основном молодью, количество которой достигает 90%.

Район IV. К западу от Южных Сандвичевых островов

Здесь работы вели только один день (22 февраля), в связи с чем можно дать только самую общую характеристику вертикального распределения криля. По записям эхолота легко установить, что криль в этом районе по сравнению с предыдущим занимает значительно более широкий слой воды, особенно в дневное время. Верхняя граница проходит на глубине 10—15 м в светлое время суток и 20—25 м в ночное. Нижняя граница подвержена большим колебаниям в течение суток, изменяясь от 45 м в темное время суток, до 80 м в светлое. В дневное время наблюдались скопления у поверхности с одновременным разделением скоплений криля в толще воды на два слоя. Один из них, верхний, прослеживался на глубине от 10 до 20 м, нижний — находился на глубине 40—80 м.

Этот район интересен почти полным отсутствием половозрелого криля. Процент молоди в пробах из тралений, проведенных в этом районе, достигал 98—100%. Все эти траления были проведены в самых поверхностных слоях, и поэтому нет возможности дать характеристику более глубоких участков моря.

Район V. К северо-востоку от о. Южная Георгия

В этом районе проведены траления с 25 февраля по 9 марта. Первые несколько тралений, сделанные при подходе к острову с его восточной стороны, расположены совершенно на стороне от основного места работ в этом районе, и поэтому целесообразно остановиться на них отдельно, тем более, что они существенным образом отличаются от остальных тралений и по биологической характеристике пойманного криля.

Эти траления были проведены 25 февраля и располагались над океаническими глубинами. Криль, встреченный здесь, находился главным образом в слое от 10 до 80 м, не образуя скоплений у поверхности. Подобная картина распределения криля наблюдалась и в других райо-

нах, где не было скоплений у поверхности. Так же как и тогда, наблюдалось некоторое опускание и расслоение слоя скоплений криля в дневное время. Днем появлялись обычные два слоя, один из которых находился на глубине 15—40 м, а второй — расположен значительно ниже — на глубинах 50—100 м.

По данным траловых уловов удается довольно четко проследить вертикальную стратификацию в отношении возрастного состава (см. рис. 14).

Три траления, проведенные на глубине менее 5—60 м, свидетельствуют о преобладании в этом слое молоди (до 95—98%), в то время как трал с глубины 150 м дал совершенно обратную картину, принеся улов криля (до 50 кг), в котором взрослые половозрелые особи составляли более 80% от общего числа добытых рачков.

Остальные траления, в количестве нескольких десятков, проведены над шельфом и верхней частью свала к северо-востоку от о. Южная Георгия над глубинами от 100 до 600 м. Период работ здесь охватывает время от 28 февраля до 9 марта, и наиболее характерной чертой криля в этом районе является образование им скоплений у поверхности исключительной мощности, превосходящей все, что мы видели до сих пор в других местах. Судя по записям на эхолоте, распределение криля в толще воды достаточно характерно и заключается в следующем. Почти все время, как днем, так и ночью, прослеживаются два слоя (см. рис. 12, *е*, *ж*). В образовании пятен принимает участие, по-видимому, верхний, расположенный в слое от поверхности до 20 м. Именно этот слой подвержен вертикальным перемещениям в течение суток. В большинстве случаев, как и в других районах, где наблюдались пятна, верхний слой в светлое время суток поднимался к поверхности, принимая, по-видимому, участие в их образовании. Этот же слой в дни, когда пятна не наблюдались, держался в течение суток довольно стабильно на одной глубине. Нижележащий слой криля держался на глубинах 35—40 м в дни, когда наблюдались скопления криля у поверхности.

В другие дни, когда сколько-нибудь заметные пятна криля у поверхности отсутствовали, слой криля подвергался значительно большим колебаниям по глубине (см. рис. 12 и 13). В большинстве случаев в середине дня, в самое светлое время суток, наблюдалось поднятие этого слоя, обычно расположенного на глубине 40—70 м, до глубин 15—25 м и слияние его с верхним слоем. В темное время суток почти всегда наблюдались два четко выраженных слоя. Все перемещения слоев криля свидетельствуют, что для криля этого района характерны четкие суточные вертикальные миграции.

Криль в районе о. Южная Георгия состоял на 90—95%, а иногда и более из неполовозрелых особей. Вертикальная возрастная стратификация по глубине не прослеживалась, хотя в этом районе были проведены траления как в поверхностных, так и в средних и даже придонных слоях воды.

Район VI. К юго-западу от о. Южная Георгия

В этом последнем районе работы проводились 11 марта над глубинами от 230 до 1400 м. Здесь криль в течение всего времени суток держался на глубине 40—60 м без каких-либо вертикальных перемещений. В середине светлого времени суток эхолотом был зарегистрирован на глубине 5—15 м разреженный слой, по-видимому, криля. Криль в этом районе заметных суточных вертикальных миграций не совершает.

На 95% криль состоял из молоди, и с увеличением глубины процент особей от общего количества криля в улове не возрастал. Даже в донном трале, поднятом с глубины 230 м, количество молоди достигало 92%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В море Скотия скопления криля приурочены к островной дуге. Судно «Академик Книпович», продвигаясь вдоль дуги островов — Южных Оркнейских, Южных Сандвичевых и Южной Георгии, везде в том или ином количестве встречало скопления криля. В то же время, пересекая три раза море Скотия в субмеридиональном направлении в разных местах, мы криля не обнаружили. Поиск криля, проводившийся с помощью эхолота, достаточно репрезентативен, так как там, где были даже незначительные его скопления у островов, они хорошо регистрировались на эхограмме.

Следует сразу же отметить, что в водах, непосредственно примыкающих к островам, криль встречается в больших количествах, чем в промежутках между архипелагами островов. Криль придерживается обычно вод над шельфами и верхними зонами склонов островов. Так, у Южных Оркнейских островов криль располагается над верхней частью склона и в меньшей степени над островным шельфом. С другой стороны — в районе о. Южная Георгия скопления криля располагались преимущественно над островным шельфом северо-западного побережья.

Работая в первых числах марта у северо-восточных берегов этого острова, мы обнаружили очень большие скопления криля у поверхности.

В районах Южных Оркнейских островов, западнее Южных Сандвичевых островов и у северо-западного побережья о. Южная Георгия нами были встречены пятна криля. Их размеры колебались в весьма значительном диапазоне — от 0,5 м до многих сотен метров. В разных районах пятна криля были весьма различны как по размерам, так и по возрастному составу входящих в них особей. Так, у берегов Южных Оркнейских островов наблюдались относительно мелкие пятна криля, состоящие из крупного половозрелого криля, СРТР «Орехово» встретил также скопления криля к западу от Южных Оркнейских островов. Небольшие скопления криля были отмечены судном «Академик Книпович» между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами.

Какова же причина такого распределения криля по акватории моря Скотия и прилегающих районов?

На неравномерное распределение криля в пределах изученной акватории оказывает влияние целый комплекс условий. Прежде всего — это рельеф, течения и связанные с ними особенности распределения биогенов и фитопланктона (см. рис. 4).

Во время поиска криля шло непрерывное изучение рельефа дна дуги и ложа моря Скотия и внесено много новых и интересных деталей (статья Авилова, Гершановича, опубликованная в настоящем сборнике). Обнаруженные концентрации криля располагались главным образом в районе островной дуги и подъемов дна. Так, между Оркнейскими и Сандвичевыми островами были обнаружены подводные хребты, и именно над ними отмечено некоторое увеличение количества криля.

Влияние постоянных течений на характер распределения криля выражается прежде всего в переносе и концентрации в отдельных районах питательных солей, в создании благоприятных условий для разви-

тия фитопланктона и влиянии через эти факторы на условия питания, развитие и нерест криля.

Воды моря Скотия и прилегающих районов отличаются богатством биогенов. Присутствие их в поверхностных слоях воды Дикон (1937) объясняет подъемом глубинных вод.

Наиболее высокие величины первичной продукции имеют воды, прилегающие к островной дуге. Центральная часть моря характеризовалась низкими величинами первичной продукции (статья Волковинского и статья Орадовского, опубликованные в настоящем сборнике).

Неравномерность распределения условий, играющих первостепенную роль в жизни криля, заметна не только в масштабе моря в целом, но и в пределах каждой группы островов. Так, наиболее высокие показатели первичной продукции мы имеем для Южных Оркнейских островов — в районе восточной части шельфа, крайних островов этой группы. То же самое В. В. Волковинский отмечает для о. Южная Георгия. В последнем районе у северо-восточного побережья величина первичной продукции в несколько раз превышает таковую у юго-западного побережья. Резко возрастают эти величины и на банке Бердвуд, при подходе к Фолклендским островам.

Аналогичным образом, естественно, распределен и фитопланктон, пища криля (статья Канаевой, опубликованная в настоящем сборнике).

Небольшие величины первичной продукции центральной части моря Скотия, лежащей над океаническими глубинами, соответствуют низким показателям биомассы фитопланктона. Все это, по-видимому, имеет прямое отношение к отсутствию в этих районах сколько-нибудь заметных скоплений криля.

Все районы, отличающиеся высокой продуктивностью и богатством жизни, лежат как бы в «теневой» стороне островов по отношению к направлению господствующих ветров и течений (Uda Jshino, 1958). Очевидно, в этих местах накапливаются и задерживаются биогенные элементы, а также микроэлементы, создающие благоприятные условия для развития фитопланктона.

Марр в своей монографии (1962) приводит кривые роста криля для всего его жизненного цикла. Данные Руда, Баргман и Марра, изображенные на этих кривых, мы дополнили материалами, собранными во время экспедиции, что дало возможность в какой-то степени уточнить характер роста криля на массовых сборах (рис. 15). Материал позволяет выяснить годовые колебания размеров криля в зависимости от гидрологических условий, влияющих на темп роста морских организмов.

Как можно видеть, февральские данные по материалу из района Южных Оркнейских островов располагаются выше кривой Руда и Баргман. Это можно объяснить тем, что 1965 г. был теплым, что особенно хорошо видно на средних размерах молоди, растущей более интенсивно, чем взрослые. Данные за март по району о. Южная Георгия лежат в пределах кривой Баргман и Руда, хотя средние размеры самок по нашим данным больше средних размеров самцов, тогда как у Баргман имеется обратное соотношение.

Марр считает, что в морях Скотия и Уэдделла имеется, по крайней мере, два района размножения криля. Это район течения Восточных Ветров в море Уэдделла и часть вод над материковым шельфом Земли Грэйама в северо-восточной части того же моря. С течением Восточных Ветров криль перемещается вдоль материкового склона на запад и далее, на северо-запад и север к Земле Грэйама. Попадая в течение Уэдделла, криль вместе с ним доходит до южного края островного шельфа Южных Оркнейских островов, и, огибая его, достигает района восточной

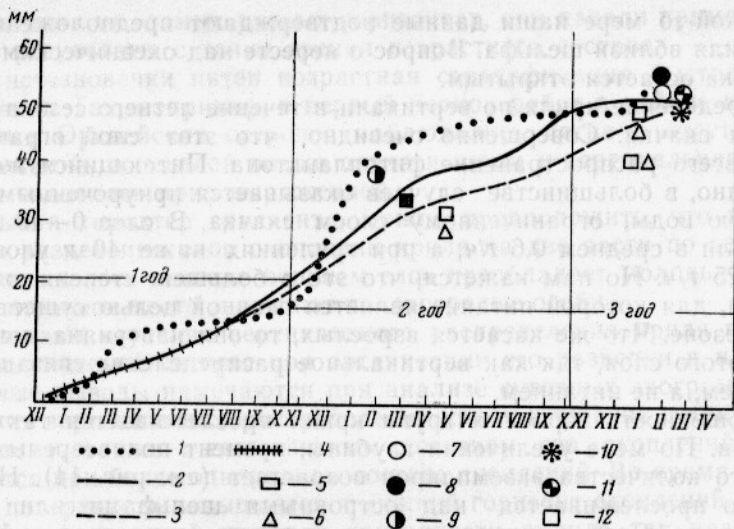


Рис. 15. Кривые роста крыля:

1 — по Руду; 2 — самцы по Баргман; 3 — самки по Баргман; 4 — молодь по Баргман; 5 — самцы по Марру; 6 — самки по Марру; 7, 8 и 9 — по наблюдениям авторов в районе Оркнейских островов; 10, 11 и 12 — по наблюдениям авторов в районе о. Южная Георгия.

части склона и шельфа этих островов, где находят благоприятные условия для нагула. Этим же течением Уэдделла криль, частично перемешиваясь с крилем, рождающимся в районе Земли Грэйама, переносится из района над материковым шельфом Земли Грэйама к Южным Оркнейским островам, Южным Сандвичевым островам и далее, к шельфу о. Южной Георгии (частично), т. е. почти по всей островной дуге моря Скотия. Кроме того, популяция криля пополняется также рачками, приносимыми с водами из моря Беллингаузена, проходящими через проливы Брансфилда и Дрейка и достигающими юго-западной части шельфа о. Южная Георгия.

По нашим данным получается, что различные возрастные группы криля существуют раздельно. Так, почти во всех случаях в уловах обычно резко преобладала только одна какая-то возрастная группа, и лишь в редких случаях улов состоял из криля разных возрастов.

Отмеченное изменение размерного состава уловов криля при одновременном уменьшении количества крупных особей в районе Оркнейских островов представляет значительный интерес. Попытки обнаружить крупный криль вблизи мест, где неделю тому назад были обнаружены его скопления, успехом не увенчались.

Предположения о гибели криля после размножения делаются еще более вероятными при рассмотрении данных по жирности. По данным М. И. Крючковой, О. Е. Макарова (статья публикуется в настоящем сборнике), молодой неполовозрелый криль, готовящийся к зимовке, имеет до 6—7% жира. Взрослые особи в период размножения имеют менее 4% (самки), а у самцов количество жира не достигает даже 2%. Трудно предположить, что с такими небольшими энергетическими ресурсами криль способен перенести длительную антарктическую зиму.

Эти данные имеют определенное практическое значение. В первую половину лета промысел должен ориентироваться на использование взрослого криля, а в конце лета на молоди, заканчивающей откорм.

В какой-то мере наши данные подтверждают предположения о нересте криля вблизи шельфа. Вопрос о нересте над океаническими глубинами пока остается открытым.

Распределение криля по вертикали в течение летнего сезона связано со слоем скачка. Совершенно очевидно, что этот слой ограничивает прежде всего распространение фитопланктона. Питающийся же криль, естественно, в большинстве случаев оказывается приуроченным к верхнему слою воды, ограниченному слоем скачка. В слое 0—40 м уловы составляли в среднем 0,6 т/ч, а при тралениях ниже 40 м уловы только — 0,25 т/ч. Но нам кажется, что это в большей степени относится к молоди, для которой питание является главной целью существования в этом сезоне. Что же касается взрослых, то они наверняка могут быть и ниже этого слоя, так как вертикальное распределение связано с размножением, а не питанием.

Разобщенность взрослых групп криля прослеживается также и по вертикали. По мере увеличения глубины, процент половозрелых особей от общего количества экземпляров возрастает (см. рис. 14). Наиболее четко это прослеживается над островными шельфами или верхней частью свала. Ярким примером этого является серия тралений, проведенная в период работ в районе Южных Оркнейских островов во второй период работ, на разных глубинах примерно в одном и том же месте. Было сделано 4 траления по следующим горизонтам 0—12; 0—50; 0—180 и 0—410 м. На некотором отдалении проведено донное траление. Как можно видеть, общую тенденцию уменьшения количества молоди с глубиной нарушает только улов третьего трала, что, очевидно, связано с тем, что значительная часть улова этого глубинного трала попала в верхних горизонтах (табл. 4).

Одновременно с траловыми уловами этой серии анализировали пробы криля, добытые притраловой сетью. Донный трал улова криля не дал, однако, некоторое количество крупных рачков попало в притраловую сеть.

Возрастная стратификация по глубинам наблюдалась, как правило, в местах, где отсутствовали скопления криля у поверхности. В то же время в районах, где наблюдались скопления на поверхности, стратификация возрастов по глубинам практически отсутствовала (см. рис. 14). По возрастному составу уловы глубинных тралов в таких районах практически ничем не отличались от уловов тралений, проведенных в поверхностных слоях воды.

Таблица 4

Данные вертикального тралового разреза
у Южных Оркнейских островов

№ трала	Горизонты лова, м	Количество молоди, %	
		трал	притраловая сеть
99	12	57,2	Нет данных
100	50	41,8	33,7
101	180	57,1	57,7
102	480	10,3	35,6
103	340 (донный трал)	Нет улова	19,0

В качестве примера можно указать на траления, проведенные во время работ у северо-восточной части о. Южная Георгия. Здесь наблюдались большие скопления криля у поверхности и практически отсутствовала возрастная стратификация по глубинам. Несмотря на то что трале-

ния проводили на самых разных горизонтах, они давали примерно одинаковые результаты с точки зрения возрастного состава.

При исчезновении пятен возрастная стратификация быстро восстанавливается. Так, например, в первый период работ в районе к востоку от Южных Оркнейских островов наблюдались пятна и отсутствовала стратификация, а неделей позже пятна исчезли и вертикальная стратификация оказалась ярко выраженной.

Учитывая характер градиента, можно предположить, что во время дневного разделения слоя скоплений криля на две части по вертикали, о чем указывалось выше, в верхнем слое преобладает молодь, а в нижнем значительное место занимают половозрелые особи.

Результаты изучения вертикального распределения криля представляют практический интерес при организации его разведки и промысла.

Важные выводы намечаются при анализе суточных эхограмм криля. Изменения вертикального распределения криля в течение суток связано, по-видимому, также с качественным составом его скоплений. Пятна образуются при более однородном составе скоплений. Во время подъема криля к поверхности повышается и нижний горизонт скоплений.

Природа скоплений криля у поверхности в виде так называемых пятен различна. Чаще встречаются небольшие косячки диаметром в несколько метров. Большие стаи достигали нескольких десятков метров в диаметре. Обычно весь криль в таких стаях ориентирован в одном направлении, неоднократно с борта судна наблюдались скопления криля в виде полос — лент длиной в несколько десятков метров и шириной от 1 до 5 м и более. Рачки в таких скоплениях всегда ориентированы в одном направлении, и полоса его всегда подвижна. Наблюдения аквалангистов полностью подтверждают ориентированное положение рачков в стаях, что несомненно указывает на движение такого рода скоплений.

Но наряду с такими скоплениями участники экспедиции на судне «Академик Книпович» наблюдали поля криля, площадь которых достигала нескольких квадратных километров. Это были скопления из сотен и тысяч стай криля. Плотность таких скоплений была наибольшей, особенно у подветренного борта при дрейфе судна через поле.

По поводу причин появления криля у самой поверхности существует несколько точек зрения.

К. В. Беклемишев (1959, 1961) предполагает, что криль поднимается к поверхности воды в результате циклонической деятельности в местах дивергенции вод, т. е. концентрации его у поверхности имеют под собой чисто механические причины.

Имеются высказывания о скоплении криля в районе стыка и завихренный течения.

Марр (1962), основываясь на биологическом анализе скоплений криля, выдвигает предположение об активном совместном действии рачков, образующих скопления.

Анализ размерного состава скоплений криля в отдельных стаях убеждает в однородности размерного состава и сходности физиологического состояния отдельных особей (рис. 16).

Следовательно, скопления криля представляют собой какие-то целостные образования типа роев или стай. Марр в данном случае употребляет выражение «swarm». Он подвергает этот вопрос всестороннему обсуждению, привлекая обширный материал по биологии общественных животных, и говорит о возможности проведения соответствующих аналогий.

Дальнейшие предположения на данном этапе исследований едва ли имеют смысл. Очевидно, только скопления очень больших размеров,

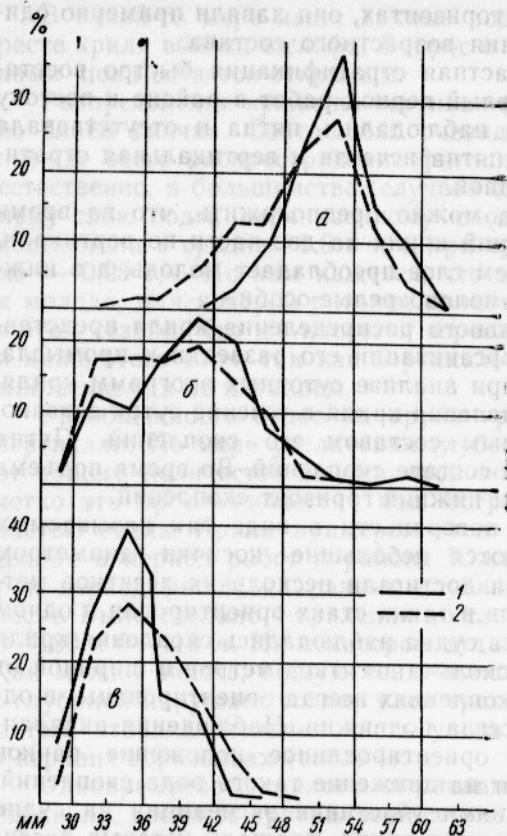


Рис. 16. Графики размерного состава криля из пятен и из уловов трамалы приблизительно из одних и тех же мест, в одно и то же время:

а — Оркнейские острова (район IIА), 10 февраля, трал 68, 60°38'8" ю. ш. и 43°28'2" з. д.; б — о. Южная Георгия (район V), 28 февраля, трал 132, 53°37'0" ю. ш. и 37°10'0" з. д.; в — о. Южная Георгия район V), 7 марта, трал 166, 53°39'8" ю. ш. и 36°55'3" з. д.; 1 — улов сачком из отдельного пятна; 2 — улов трамалом

типа таких, как были встречены у о. Южная Георгия (1800×5500 м), слагаются из более мелких и поэтому в какой-то степени теряют свою целостность, какую можно было бы предполагать для наблюдавшихся у Оркнейских островов более мелких пятен. До каких пор могут дробиться эти крупные скопления, из какого количества мелких элементарных скоплений они состоят ни вообще, ни в каждом отдельном случае пока сказать не представляется возможным.

Возвращаясь к причинам образования пятен на поверхности, можно предполагать активное перемещение скоплений криля к поверхности, которое они прodeлывают, нуждаясь, по-видимому, в лучистой энергии, необходимой как стимулятор биохимических процессов, например синтеза каротиноидов.

На основании проведенных исследований Л. Фишер, С. Кон и С. Томпсон (1954, 1955) высказывают предположения о фотохимических реакциях при питании, происходящих при действии света. Результатом этих реакций является синтез витамина А, накапливающегося у *Meganotiphanes* в глазах.

Наблюдения, проведенные К. В. Шустом за скоплениями криля у поверхности (статья Шуста публикуется в настоящем сборнике), показали, что главным фактором образования пятен криля является освещенность моря.

Предполагая такие же фотохимические реакции в организме антарктического криля и учитывая значительные количества этого рака в водах Антарктики, Фишер ставит вопрос о возможности получения витамина А непосредственно из глаз *E. superba*.

Проведенные наблюдения по динамике пятен в течение сезона (статья Шуста опубликована в настоящем сборнике) показали, что основным фактором, влияющим на появление пятен, является свет.

В заключение мы хотим высказать пожелания относительно плана будущих исследований. Для решения вопроса о расширении сезона добычи криля необходимо организовать изучение его биологии в течение всего антарктического лета, по крайней мере с декабря месяца.

Район работ должен быть расширен за счет северной половины

моря Уэдделла до кромки плавучих льдов, моря Беллинсгаузена примерно до о. Петра I.

Особое внимание должно быть обращено на шельф островов, начиная от Южных Шетландских на западе до Южных Сандвичевых островов на востоке.

Наряду с продолжением изучения характера и структуры скоплений криля необходимо подробно исследовать их поведение в естественной обстановке, дополняя эти исследования аквариальными экспериментами.

Одновременно должны решаться вопросы, связанные с расширением знаний его биологии, выяснения мест размножения, изучением мест его распределения и миграций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспедиция на НПС «Академик Книпович», изучавшая биологию криля с учетом возможностей практического использования его запасов, позволила уточнить некоторые вопросы биологии этого рачка.

Установлено, что криль в своем распределении в море Скотия приурочен к районам островной дуги.

Основная масса криля, встреченного во время исследований, состояла из молоди. Взрослые особи в больших количествах были встречены только к северо-востоку от Южных Оркнейских островов. В других местах взрослого криля было очень мало.

Выявлена разобщенность в распределении молоди и взрослых особей. Это является доказательством приуроченности разных возрастных групп криля к вполне определенным местам даже в пределах моря Скотия. Очевидно, то же можно наблюдать и в других районах антарктических вод.

Погружение взрослого криля в районе Оркнейских островов позволяет предполагать размножение в пределах шельфа. Наблюдений, говорящих в пользу нереста над большими океанскими глубинами, у нас нет.

Все встреченные пятна криля располагались в области, прилегающей к островной дуге моря Скотия, в районах, так называемых, теневых зон островов. Установлена периодичность появления пятен у поверхности, изменения их формы и размеров, что связано с интенсивностью освещения, а также количеством фитопланктона в каждом данном районе, где эти пятна наблюдались (статьи Шуста и Павлова опубликованы в настоящем сборнике).

Промысел криля в силу ледовых условий можно осуществлять только летом и ранней осенью, т. е. примерно с конца ноября — начала декабря до середины или конца марта.

Исследование жизненного цикла криля позволяет считать, что в течение летнего сезона объектом промысла могут быть два поколения: молодь, живущая второе лето, и половозрелый криль, живущий третье лето, размножающийся и погибающий с наступлением осени.

В начале сезона, очевидно, выгоднее промысливать половозрелый криль, имеющий большие размеры, активно питающийся, находящийся дальше ото льда, чем молодь. В период антарктического лета запас взрослого криля уменьшается в итоге посленерестовой гибели. В это время объектом лова должен становиться молодой криль.

Существование криля в скоплениях часто у самой поверхности должно облегчать его обнаружение и облов. В скоплениях у поверхности плотность криля измерялась килограммами на кубический метр. Криль способен избегать препятствия, уклоняясь от движущихся предметов

со скоростью порядка до одного узла (статья Семенова опубликована в настоящем сборнике).

Большую часть времени криль проводит в толще воды. Поэтому, наряду с обловом скоплений у поверхности необходимо использовать возможности лова его в толще воды.

Исследованиями установлен суточный ритм вертикальных перемещений криля. Характер перемещений зависит от физиологического состояния криля и освещенности моря. Криль, не образующий пятна у поверхности, имеет совершенно другой тип вертикальных перемещений, чем криль, образующий пятна. Уточнение закономерностей этих перемещений позволит облегчить поиск и облов криля.

Биологические исследования криля должны быть продолжены. Тем не менее, приведенные на основании литературных данных и наблюдений экспедиции соображения о его использовании могут иметь практический интерес с точки зрения продолжения изучения его биологии и возможного использования промыслом.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. Т. I, II. М., изд-во «Наука», 1964.
- Беклемишев К. В. Антарктическая дивергенция и поля питания китов. Известия АН СССР. Серия географическая, № 6, 1959.
- Беклемишев К. В. Влияние атмосферных циклонов на поля питания китов в Антарктике. Труды ИОАН. Т. 51, 1961.
- Зеликман Э. А. О подъемах к поверхности моря баренцевоморских эуфаузиевых рачков и некоторых чертах их поведения. Сб. Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. Мурманск, 1961.
- Ломакина Н. Б. Фауна эуфаузиид (Euphausiacea) антарктической и нотальной области. Исследования фауны морей. (Результаты биологических исследований Советской Антарктической экспедиции (1955—1958 гг.). Т. 2 (X), 1964.
- Максимов И. В. Фронт антарктической конвергенции и многолетние изменения северной границы распространения айсбергов в Южном океане. Проблемы Арктики и Антарктики. Вып. 8, 1961.
- Наумов А. Г. Некоторые черты распределения биологии *Euphausia superba*. Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции, 1962, № 36.
- Bargmann H. E. The reproductive system of *Euphausia superba*. Discovery Reports. Vol. XIV, pp. 325—350, 1937.
- Bargmann H. E. The development and life history of adolescent and adult krill *Euphausia superba*. Discovery Reports. Vol. XXIII, pp. 103—178, 1945.
- Deacon G. E. R. The hydrology of the Southern Ocean. Discovery Reports. Vol. XV, pp. 1—124, 1937.
- Einarsson H. Euphausiacea. I. North Atlantic species. Dana-Report, n. 27, 1945.
- Fraser F. G. On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*). Discovery Reports. Vol. XIV, pp. 1—192, 1936.
- Foxton P. The distribution of the standing crop of zooplankton in the Southern Ocean. Discovery Reports. Vol. XXVIII, pp. 191—236, 1956.
- Macintosh N. A. The distribution of the macroplankton in the Atlantic sector of the Antarctic. Discovery Reports. Vol. IX, pp. 65—160, 1934.
- Marr J. W. S. The natural history and geography of the antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Reports. Vol. XXXII, pp. 33—464, 1962.
- Ruud J. T. On the biology of Southern Euphausiidae. Hvalrad Scr., n. 2, pp. 1—105, 1936.
- Uda M. & Ishino M. Enrichment pattern resulting from eddy system in relation to fishing grounds. J. Tokyo University of Fisheries. Vol. 44. nn. 1—2, 1958.
- Fisher, L. R.; Kon, S. K., and Thompson, S. Y. 1954. Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates. II. Studies of seasonal variations in some marine Crustacea. J. Marine Biol. Assoc. United Kingdom.
- Fisher, L. R., Kon, S. K., and Thompson, S. Y. 1955. Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates. III. Euphausiacea. J. Marine Biol. Assoc. United Kingdom.