

ЭКОЛОГИЯ

Ю.А. Леднова, Н.П. Смирнов

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
В МОРЯХ УЭДДЕЛЛА И АМУНДСЕНА–БЕЛЛИНГГАУЗЕНА
НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**

Y.A. Lednova, N.P. Smirnov

**THE INFLUENCE OF VARIABILITY OF ENVIRONMENTAL
CONDITIONS IN THE WEDDELL SEA AND AMUNDSEN–
BELLINGSHAUSEN SEAS ON BIOLOGICAL RESOURCES**

Обсуждаются основные особенности воспроизводства антарктического криля (Euphausia Superba) под влиянием факторов окружающей среды. Анализируются значения выловов криля в трех основных районах его добычи с 1977 по 2000 г. Приведено сопоставление выловов криля с температурой воздуха и положением кромки льда в морях Амундсена – Беллингаузена и Уэдделла. Сделаны выводы по влиянию указанных факторов среды на биопродуктивность криля.

Ключевые слова: циркуляция Южного океана, ледовитость, гидрометеорологические условия, криль, изменчивость уловов.

The basic features of reproduction of Antarctic krill (Euphausia Superba) under influence of factors of the environment are discussed. The catches of krill are analyzed in the three basic areas in 1977–2000. The comparison of catches of krill with air temperatures and sea ice edge areas of the environment the Amundsen – Bellingshausen and Weddell Sea are resulted. Conclusions on the influence of the factors of the environment of krill are drawn sea is given.

Key words: circulation of the Southern ocean, sea ice, hydro weather conditions, krill, variability of catches.

С 1 января 2007 г. в международном масштабе начались исследования по программе Международного Полярного Года. Большое внимание приковано к исследованию южной полярной области по ряду причин, одна из которых – изменение климата Земли, а вторая – исследование огромных запасов биологических ресурсов. Одним из важнейших объектов промысла является антарктический криль. До начала 90-х годов прошедшего столетия Россия вылавливала более 300 тыс. т криля [Шуст, 2002].

Богатейшим, с точки зрения выловов криля, является атлантический сектор Южного океана. Цель данной работы – выявить основные факторы среды, влияющие на распределение и воспроизводство криля в этом регионе Южного океана. В работе анализируются данные за последние 25 лет.

Биопродуктивность многих районов Южного океана сравнима с тропическими зонами Атлантического, Тихого и Индийского океанов [Шуст, 1998; 2006]. Высокая биопродуктивность отдельных частей океана достигается за счет активного развития фитопланктона и криля в частности. Прирост первичной продукции определяется по фитопланктону, так как он является самым многочисленным представителем флоры и фауны Южного океана. Фитопланктон – основной корм для антарктического криля. Последним же питается очень много представителей фауны Южного океана [Масленников, 2003; El-Sayed, 1988; Murphy, 1988; Sahrhage, 1988].

Антарктический криль относится к семейству эвфаузид и считается самым крупным представителем зоопланктона в Южном океане и самым массовым видом из всех представителей фауны океана. Криль является основным звеном в тех экосистемах Южного океана, где наблюдаются его массовые скопления. Такие скопления – планктеры – образуются с целью появления потомства. В этот период криль обитает в верхнем 200-метровом слое воды [Самышев, 1991; El-Sayed, 1988; Murphy, 1988; Sahrhage, 1988].

Нерест криля начинается в конце декабря–январе, но в холодные годы может происходить и в феврале. Выметанная икра опускается на дно в шельфовых областях островов. В океанической области икра криля опускается до глубины 200 м, где наблюдается сезонный градиент температуры и солености. Если икра опустится ниже 200 м, то она погибнет из-за высокого давления. Развитие личинок рачка происходит по четырем стадиям: науплиус, метанауплиус, калиптопис и фурцилия. Половозрелого состояния особи антарктического криля достигают в возрасте двух лет [Самышев, 1991; Масленников, 2003].

В осенне-зимний период криль опускается до глубин 200–500 м. В это время рачок питается мелким зоопланктоном и детритом, а в начале весны – криофильным планктоном. Криль приспособлен к суровым условиям Южного океана. У рачка развиты защитные приспособления, которые помогают ему выживать, такие как биолюминесценция и социальное поведение.

Криль является главным звеном в экосистемах Южного океана, где он многочислен, и потому входит в пищевые цепи не только рыб, но также птиц и млекопитающих, в том числе и китов.

На воспроизводство антарктического криля влияют как абиотические, так и биотические факторы. Наибольшее воздействие из биотических факторов оказывает положение криля в пищевых цепях. Криль в целом распространен по всему Южному океану, но является основным звеном в тех экосистемах океана, где наблюдаются его скопления. Доля рачка в пищевых цепях многих животных составляет до 100 % в весенне-летний период, когда наблюдается его подъем в поверхностные воды [Самышев, 1991; Масленников, 2003].

Распределение и воспроизводство рачка во многом зависит от циркуляции вод. В вихревых структурах Южного океана наблюдаются относительно однородные физико-химические условия. В антициклонических вихрях, образу-

щихся к югу от АЦТ, наблюдаются большие градиенты температуры и солёности между поверхностной и промежуточной водными массами, что препятствует погружению икры криля ниже 200 м, так как данная глубина для них является критической. Это способствует большей выживаемости икринок рачка. Вихри способствуют образованию стабильных скоплений антарктического криля, в которых происходит его нерест и развитие и наблюдается его высокая концентрация [Сарухян, 1986; Самышев, 1991; Масленников, 2003; Hosie, 2003].

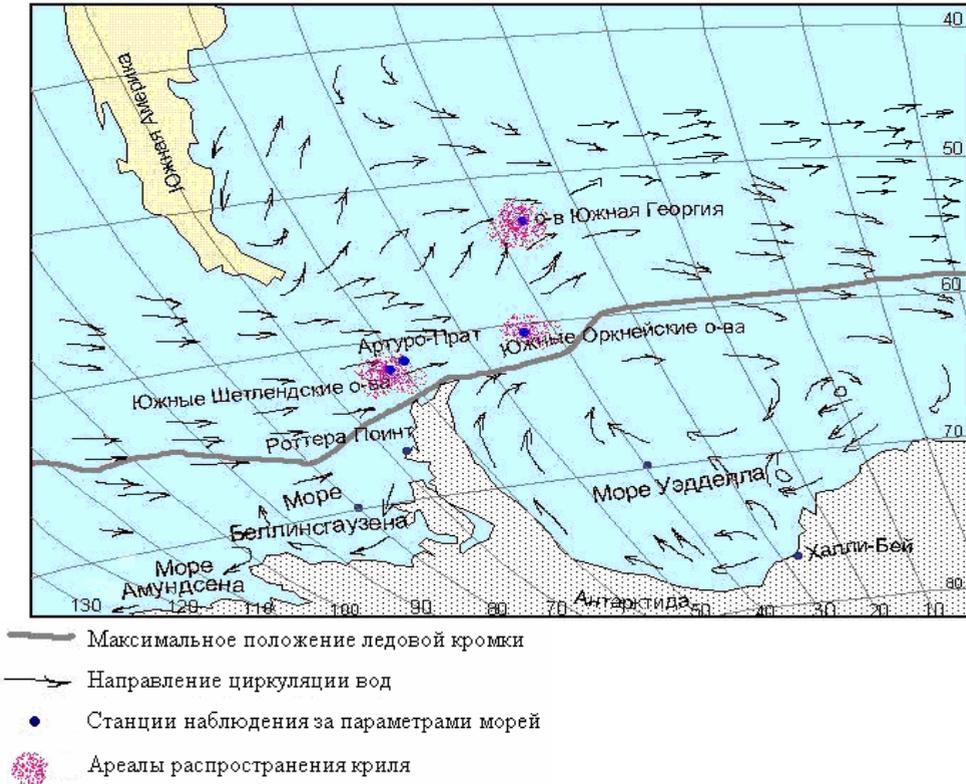


Рис. 1. Схема циркуляции вод и основные промысловые районы криля в западной части Атлантического сектора Южного океана

Рачок поднимается из глубинных вод весной, когда поверхностные воды освобождаются ото льда и начинает активно развиваться фитопланктон. Таяние льдов весной и летом способствует образованию более устойчивой стратификации вод Южного океана. Более устойчивая стратификация с большим градиентом температуры и солёности способствует тому, что икра криля не опускается ниже критической глубины. Опускается криль в глубинные воды осенью, вслед за фитопланктоном, который уходит на глубину, когда поверхность Южного океана покрывается льдом. Именно такие условия наблюдаются в районе островов в западной части Атлантического сектора Южного океана. На рис. 1 приве-

дены три области с наиболее высокой концентрацией криля и соответственно наиболее важных в промысловом отношении. Это область островов Южных Оркнейских, Южных Шетлендских и острова Южная Георгия.

Данные по вылову криля в указанных регионах были взяты из монографии В.В. Масленникова [Масленников, 2003].

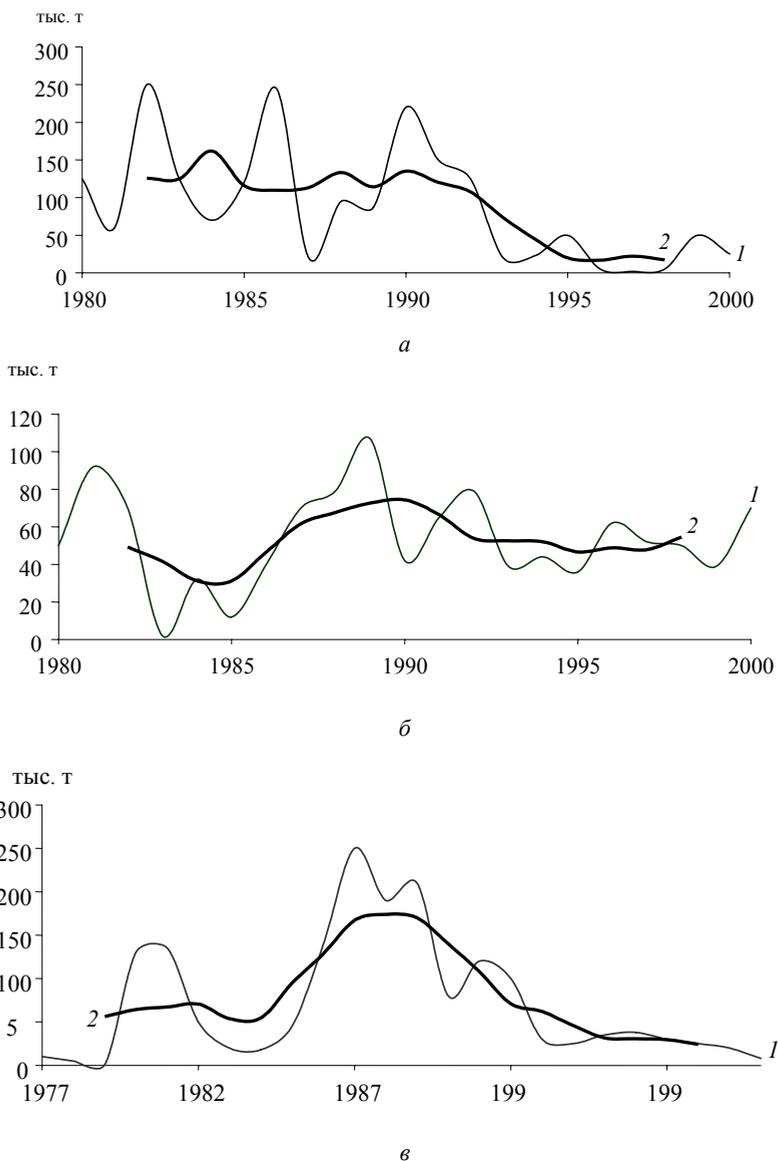


Рис. 2. Ежегодные уловы криля (1) и их 5-летние скользящие средние (2) в трех районах: а – Южные Оркнейские острова; б – Южные Шетлендские острова; в – остров Южная Георгия

На рис. 2 представлены исходные данные по вылову криля в трех зонах: у Южных Оркнейских, Южных Шетлендских островов и острова Южная Георгия и их 5-летние скользящие средние.

Как видно из рис. 2, наблюдается заметное колебание выловов антарктического криля, следовательно, и воспроизводство криля в данных районах имеет большие колебания. Во второй половине 90-х годов на объемы вылова криля могло сказаться установление лимитов промысла и вследствие этого «обвал» выловов криля Россией. Тем не менее, было интересно посмотреть, как изменение факторов среды влияет на воспроизводство криля в данном секторе Южного океана. В качестве параметра была использована температура воздуха на двух станциях в море Уэдделла, которые расположены по его разные стороны. Они могут характеризовать циркуляцию атмосферы и вод, которые представляют собой громадные циклонические круговороты [Воробьев, 2005; Смирнов, 2006].

Кроме того, была использована ледовитость морей Амундсена – Беллинсгаузена и Уэдделла, так как ледовитость является одним из важнейших параметров, который может определять воспроизводство криля в Южном океане.

По имеющимся рядам наблюдений за одинаковые периоды были рассчитаны коэффициенты корреляции, показывающие степень связи параметров среды между собой и связи между параметрами среды и выловами криля.

В итоге были получены результаты, представленные в табл. 1. Следует сразу отметить, что большинство параметров либо не связаны между собой, либо имеют незначительную связь. Значимые связи представлены в таблице на темном фоне.

Таблица 1

Сводная таблица коэффициентов корреляции между характеристиками окружающей среды для морей Амундсена – Беллинсгаузена и Уэдделла с условиями криля у Южных Оркнейских, Южных Шетлендских островов и острова Южная Георгия $r_{95\%} = \pm 0,40$, $r_{99\%} = \pm 0,52$

Параметр	Единица измерения	Коэффициент корреляции					
		Южные Оркнейские острова, тыс. т		остров Южная Георгия, тыс. т		Южные Шетлендские острова, тыс. т	
		исходные данные	5-летнее сглаживание	исходные данные	5-летнее сглаживание	исходные данные	5-летнее сглаживание
1	2	3	4	5	6	7	8
Среднегодовая ледовитость моря Амундсена–Беллинсгаузена	млн км ²	0,49	0,74	0,07	0,48	-0,27	-0,30
Летняя ледовитость моря Амундсена–Беллинсгаузена	млн км ²	0,52	0,82	0,30	0,51	-0,11	-0,16
Осенняя ледовитость моря Амундсена–Беллинсгаузена	млн км ²	0,23	0,12	0,27	0,55	0,16	0,78

1	2	3	4	5	6	7	8
Среднегодовая ледовитость моря Уэдделла	млн км ²	-0,24	-0,55	-0,17	-0,51	0,04	0,13
Летняя ледовитость моря Уэдделла	млн км ²	0,06	-0,08	-0,35	-0,37	-0,44	-0,28
Осенняя ледовитость моря Уэдделла	млн км ²	0,16	0,48	-0,42	-0,23	-0,54	-0,67
Температура воздуха на ст. Халли-Бей	°С	0,37	0,88	0,44	0,71	0,24	0,19
Температура воздуха на ст. Артуро-Прат	°С	-0,47	-0,84	-0,27	-0,59	0,14	0,05

Кроме коэффициентов корреляции между значениями параметров за каждый год, в таблице приведены значения коэффициентов корреляции и между 5-летними скользящими средними значениями параметров с целью оценки связи между ними в долгопериодной части спектра. Как видно из приведенной таблицы, величина связи между характеристиками среды и выловами криля увеличивается при 5-летнем сглаживании относительно исходных данных.

Связь между температурой воздуха на ст. Артуро-Прат и выловами криля у Южных Оркнейских островов и острова Южная Георгия – обратная (рис. 3, а и 4, а соответственно).

Связь между температурой воздуха на станции Халли-Бей и выловами криля у Южных Оркнейских островов и острова Южная Георгия является прямой (рис. 3, б и 4, б соответственно). При увеличении температуры воздуха увеличивается количество выловленного криля.

Обратная связь между температурой воздуха на этих двух станциях и уловами криля связаны с тем, что ст. Артуро-Прат находится на противоположной стороне моря от ст. Халли-Бей. Станция Халли-Бей находится в восточной части круговоротов как в атмосфере, так и в океане, где преобладают теплые потоки воздушных масс и вод с севера, а ст. Артуро-Прат – в западной части круговоротов, где потоки воздушных масс и вод направлены с юга на север и потому несут холод. При усилении циркуляции в восточной части температуры воздуха повышаются, а в западной – понижаются и наоборот.

Выловы криля у Южных Оркнейских островов (рис. 5) и у острова Южная Георгия находятся в обратной зависимости от среднегодовой ледовитости моря Уэдделла. Чем больше ледяной покров в море, тем менее интенсивно наблюдается воспроизводство антарктического криля. Это связано с более поздним началом вегетационного периода у фитопланктона, а следовательно, и с задержкой начала времени нереста и развития нового поколения криля. Криль развива-

ется преимущественно поздней весной, летом и в начале осени, поэтому ледовитость летнего периода имеет большое значение при определении воспроизводства криля.

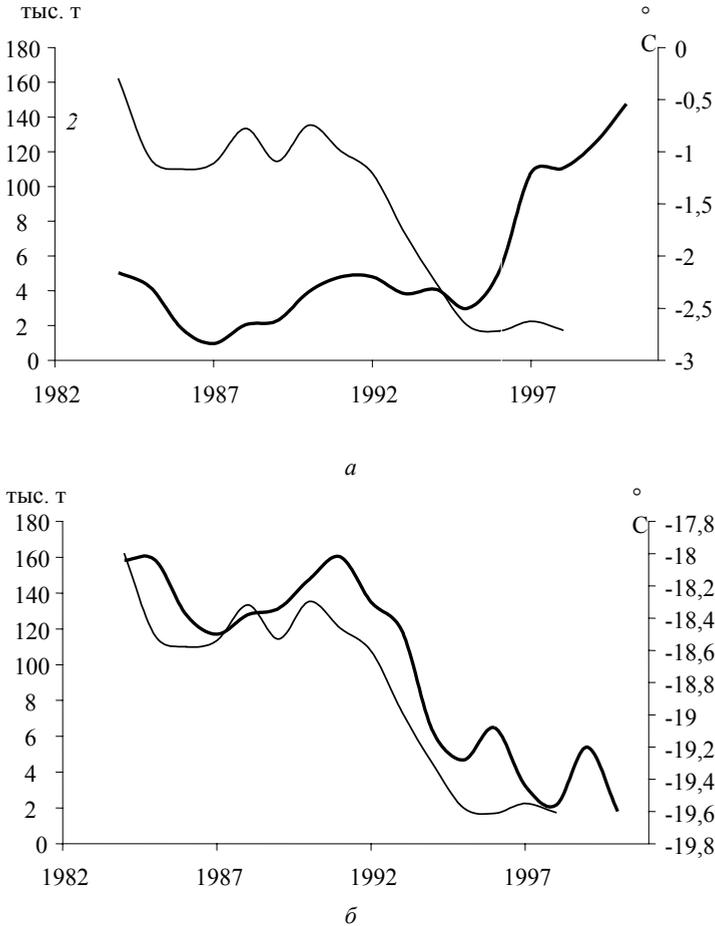
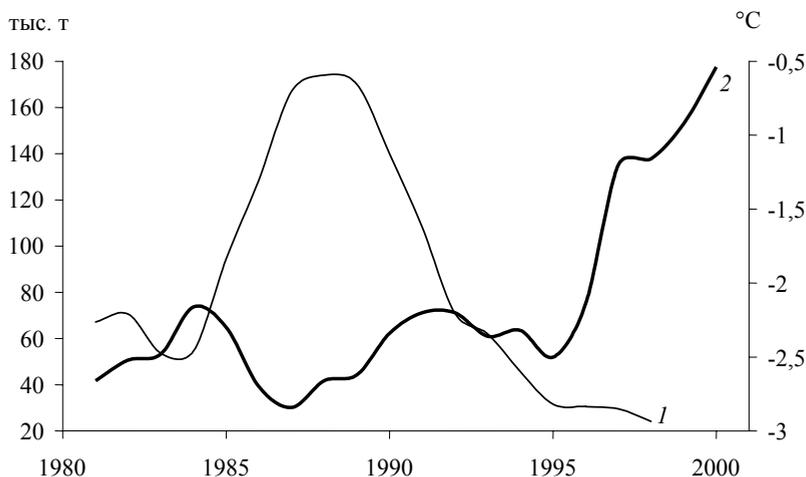


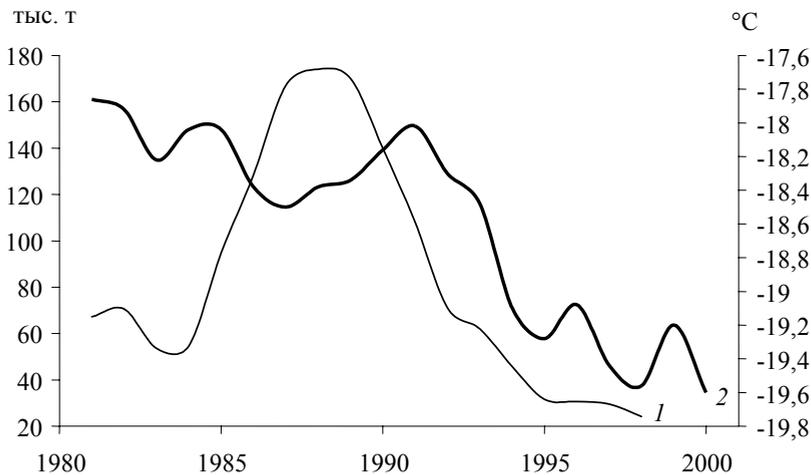
Рис. 3. Сопоставление скользящих 5-летних средних значений уловов криля (1) в районе Южных Оркнейских островов и температуры воздуха (2) на станциях: Артуро-Прат (а) и Халли-Бей (б)

С другой стороны, выловы криля у тех же самых островов находятся в прямой зависимости от ледовитости морей Амундсена – Беллинсгаузена. Скорее всего, прямая зависимость между ледовитостью морей Амундсена – Беллинсгаузена и уловами антарктического криля связана с тем, что увеличение ледовитости в данных морях наблюдается при ослаблении циклонической циркуляции над морями Амундсена – Беллинсгаузена и ослаблением потока вод из них через пролив Дрейка в северную часть моря Уэдделла, а следовательно, и потока льда в этот район из этих морей.

При усилении же циркуляции уменьшается ледовитость в этих морях, но усиливается вынос льда из них через пролив Дрейка в море Уэдделла.



a

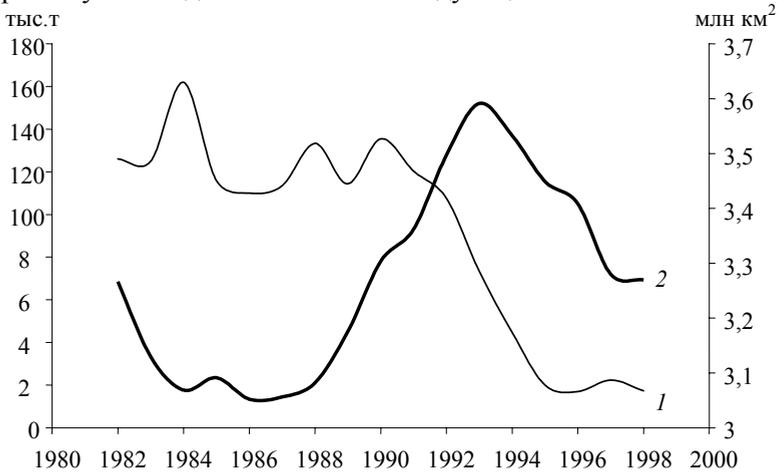


б

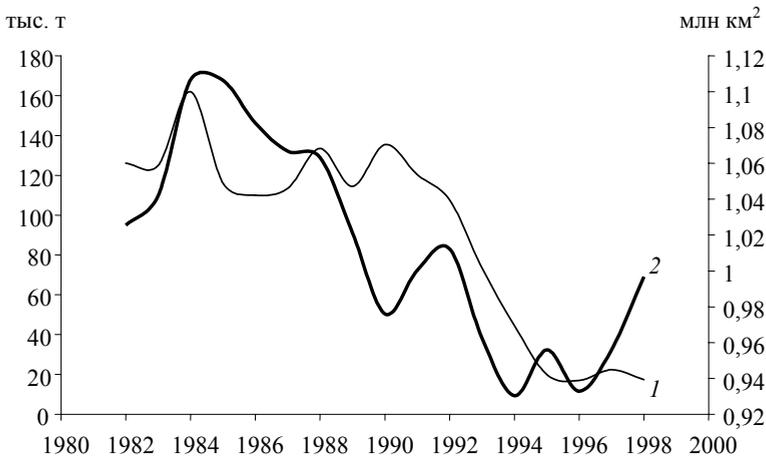
Рис. 4. Сопоставление 5-летних скользящих средних для уловов криля (1) в районе острова Южная Георгия и температурой (2) на станциях: Артуро-Праг (*a*) и Халли-Бей (*б*)

На рис. 6 представлена взаимосвязь скользящих средних со сглаживанием 5 лет между выловом антарктического криля у Южных Шетлендских островов, расположенных на самом западе, практически уже в море Беллинсгаузена, и ледовитостью морей Уэдделла и Амундсена – Беллинсгаузена. Связь достаточ-

но высокая, особенно с ледовыми условиями осенью, что свидетельствует о возможности криля лучше подготовиться к последующей зиме.



a



б

Рис. 5. Сопоставление 5-летних скользящих средних значений уловов криля у Южных Оркнейских островов (1) со среднегодовой ледовитостью (2) морей Уэдделла (а) и Амундсена – Беллинсгаузена (б)

Таким образом, моря Беллинсгаузена и Уэдделла, с одной стороны, являются частично независимыми друг от друга системами, а с другой – изменение параметров в море Беллинсгаузена в определенной степени влияет на воспроизводство криля в море Уэдделла.

При этом следует учитывать, что исходные данные по биомассе криля могут содержать определенные погрешности, связанные с методами отбора проб, методами лова криля в разных странах. Распространение антарктического криля

неоднородно даже в местах его основных скоплений. Рачок располагается на некоторой территории, где его скопления имеют неправильную форму. В результате такого распределения исследовательское судно может пересечь такое скопление или несколько раз, или не одного раза. Все это приводит к погрешности измерений и неточностям.

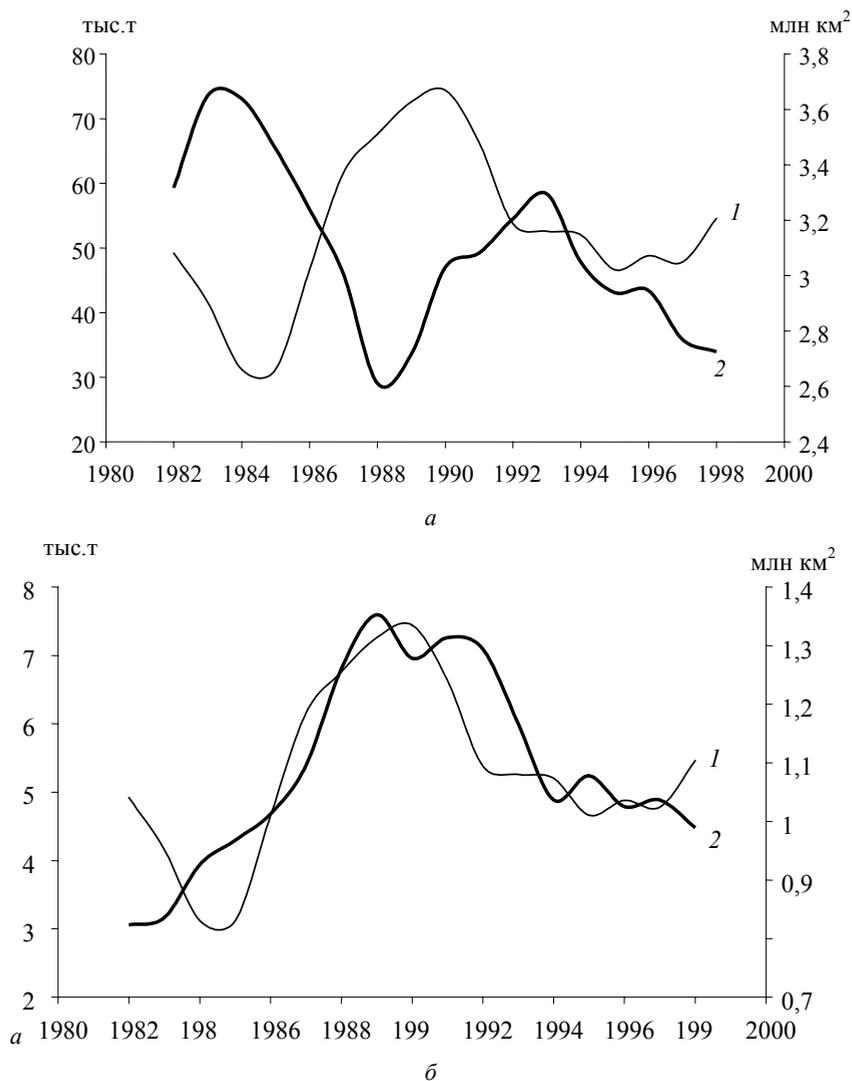


Рис. 6. Сопоставление скользящих средних со сглаживанием 5 лет для уловов криля (1) у Южных Шетлендских островов с осенней ледовитостью (2) морей Уэдделла (а) и Амундсена – Беллинсгаузена (б)

Однако приведенные результаты достаточно определенно свидетельствуют, что главным определяющим фактором воспроизводства криля являются

134

факторы окружающей среды. Их многолетние изменения и определяют динамику его воспроизводства и промысла.

Таким образом, зная факторы среды, биотические и абиотические, а также их изменение и взаимосвязь между собой, распространение криля, его основные ареалы и жизненный цикл, можно прогнозировать его воспроизводство. Такое прогнозирование важно как с экологической точки зрения, поскольку криль важнейшее пищевое звено в экосистемах Южного океана, так и для возможности увеличения доли морских биопродуктов в питании людей. По своей питательной и биологической ценности криль значительно превосходит рыбу, поэтому рачок полезно и нужно использовать в пищу.

Уже в настоящее время вылов антарктического криля ограничен, чтобы не нанести серьезный урон уникальной экосистеме Южного океана, а также чтобы сохранять популяции животных и птиц, которые питаются антарктическим крилем, таким как различные виды ихтиофауны, млекопитающим, пингвинам, альбатросам и др. В 1991 г. на десятой сессии АНТКОМ была принята первая мера по сохранению ресурсов криля, которые стали использоваться очень интенсивно в 70–90 годах прошлого столетия. Был установлен лимит вылова в Атлантическом секторе Южного океана в 1,5 млн т криля [Шуст, 2006]. Однако, по-видимому, судя по общим оценкам продукции криля [Смирнов, 2006] при условии изъятия 5 % его продукции можно вылавливать до 20 млн т криля в целом по Южному океану.

Литература

1. Воробьев В.Н., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Глобальное потепление» – миф или реальность? // Проблемы теоретической и прикладной экологии. – СПб., 2005, с. 10–26.
2. Масленников В.В. Климатические колебания и морская экосистема Антарктики. – М.: изд. ВНИРО, 2003. – 295 с.
3. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. – М.: Наука, 1991.
4. Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Водные массы и циркуляция Южного океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 228 с.
5. Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В. Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 209 с.
6. Смирнов Н.П. Геоэкология: Учебное пособие – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 307 с.
7. Шуст К.В., Козлов А.Н. Биоресурсы Антарктики, перспективы их изучения промыслового использования // Тезисы докладов науч. конференции «Исследование и охрана окружающей среды Антарктики» (СПб., 13–15 ноября 2002 г.). Экспресс-информация, вып. 15. – СПб., 2002, с. 111–113.
8. Шуст К.В. Новые представления об экосистемах в водах Антарктики. Программа и тезисы докладов научной конференции «Россия в Антарктике». – СПб., 2006, с. 227–228.
9. Шуст К.В. Рыбы и рыбные ресурсы Антарктики. – М.: изд. ВНИРО, 1998. – 163 с.
10. El-Sayed S.Z. Seasonal and Interannual Variabilities in Antarctic Phytoplankton with Reference to Krill Distribution // Antarctic Ocean and resources variability. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988.
11. Hosie W., Fukuchi M., Kawaguchi S. Development of the Southern Ocean Continuous Registrar of the Plankton considers. – Promotion of Oceanography, 2003, 58, p. 263–283.
12. Murphy E.J., Morris D.J., Watkins J.L., Priddle J. Scale of Interaction between Antarctic Krill and the Environment. // Antarctic Ocean and resources variability. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988.
13. Sahrhage D. Some indicators for environmental and krill resources variability in the Southern Ocean // Antarctic Ocean and resources variability. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988, p. 33–40.