

УДК 597.587.9-113.32(268.45)

Климат и изменчивость видового состава эвфаузиид Баренцева моря

Э.Л. Орлова, К.А. Зайцева, А.П. Яковлев

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)

Аннотация. Рассматривается многолетняя изменчивость видового состава четырех видов эвфаузиид под влиянием климатических вариаций в Баренцевом море (1953-2009 гг.). Выявлены различия пространственного распределения, ареалов и изменения численности экологически разнородных видов. Установлено, что современный теплый период характеризуется доминированием аркто-бореального вида *Thysanoessa inermis*, угнетенным состоянием более холодолюбивого вида *T. raschii* и усилением приноса из Норвежского моря атлантических видов *Meganyciphanes norvegica* и *T. longicaudata*. Целью работы являлось изучение реакций разных видов эвфаузиид на климатические изменения в Баренцевом море, специфики формирования их структуры в разные тепловые периоды и роли в продукционных процессах.

Abstract. Long term variability of four euphausiid species composition caused by climatic variations in the Barents Sea (1953-2009) has been considered. Differences in spatial distribution, ranges, and abundance of ecologically heterogeneous species have been revealed. The current warm period is characterized by domination of Arcto-boreal species *Thysanoessa inermis*, depressed state of coldwater species *T. raschii* and intensified transfer of oceanic species *Meganyciphanes norvegica* and *T. longicaudata* from the Norwegian Sea. The object of the work is to study the reactions of different species of euphausiids on climatic changes in the Barents Sea, peculiarities in formation of their structure in different climatic periods and their significance in production processes.

Ключевые слова: эвфаузииды, Баренцево море, видовой состав, температура, распределение
Key words: Euphausiacea, the Barents Sea, species composition, temperature, distribution

1. Введение

Эвфаузииды (Euphausiacea) – относительно крупные планктонные ракообразные, широко распространенные в Мировом океане. Как взрослые, так и личинки ведут пелагический образ жизни. Отряд Euphausiacea насчитывает 85 видов. В Баренцевом море обитают четыре основных вида – *Thysanoessa inermis* (Krøyer), *T. raschii* (M. Sars), *Meganyciphanes norvegica* (M. Sars) и *T. longicaudata* (Krøyer). Три первые вида являются неритическими, а четвертый – *T. longicaudata* – океаническим видом (Ломакина, 1978; Дробышева, 1994).

Эвфаузииды рода *Thysanoessa* различаются глубинами обитания, характером вертикального распределения и температурными предпочтениями. *T. inermis* встречается на глубине 200 м в районе шельфа (мористее – до 300 м). Совершает вертикальные миграции в течение дня и населяет слой 0-100 м в ночное время (Mauchline, 1984). В осенне-зимнее время молодь *T. inermis* в возрасте 0+ (70 % популяции) концентрируется в диапазоне глубин 50-125 м при температуре +0,5-2,5 °С. Особи в возрасте 1+ обитают на глубинах 150-350 м при температуре от –1 до +6 °С (Дробышева, 1979). *T. longicaudata* распределяется преимущественно в открытых районах западной части Баренцева моря, где в зимние месяцы придонная температура составляет выше 2 °С и где сосредоточено 80 % популяции этого вида. Особи *T. longicaudata* приносятся на север и восток с водами Шпицбергенского течения, Северной ветви Нордкапского и Мурманского течений. В северную часть Баренцева моря этот вид может проникать до 80° с.ш., а на востоке обычно ограничивается 35° в.д., хотя в отдельные годы может заноситься до архипелага Новая Земля. Межгодовая динамика распределения *T. longicaudata* определяется массовым заносом из Норвежского моря, а колебания его численности зависят от температуры воды в данном году (Дробышева, 1979). В дневное время *T. longicaudata* находится на глубине от 0 до 400 м, а ночью совершает вертикальные миграции и распределяется в слое 0-100 м. *T. longicaudata* больше привязан к теплым атлантическим водам, чем *T. inermis* (Dalpadado et al., 1998). *T. raschii* обитает до глубины 200 м. Совершает суточные вертикальные миграции с глубины 50-200 м в дневное время и до 0-100 м – ночью. Этот вид является более холодноводным и успешно размножается при более низких температурах по сравнению с *T. inermis* (Einarsson, 1945). Яйца представителей данного вида, единственного из северных видов эвфаузиид, были обнаружены в водах с отрицательной температурой. Температурный диапазон

обитания младших и старших возрастных групп различается: 40 % молоди *T. raschii* придерживается вод с температурой до 3 °С, а 80 % особей старших групп обитают при температуре выше 3 °С (Дробышева, 1979).

Являясь в большинстве случаев фитофагами, эвфаузииды играют значительную роль в трофических цепях, перенося энергию на более высокие трофические уровни. Эвфаузииды – важные кормовые объекты многих промысловых баренцевоморских рыб – мойвы, сельди, трески, пикши, окуня и сайки (Панасенко, 1989; Ajiad, Pushchaeva, 1991; Hassel et al., 1991; Orlova et al., 2006; 2010), а также морских птиц и китов (Dalpadado, Skjoldal, 1991; Falk-Petersen et al., 2007). Наиболее часто их жертвами становятся массовые виды *T. inermis* и *T. raschii*, в то время как потребление наиболее крупной приносной эвфаузииды – *M. norvegica* – связано с ее накоплением в Баренцевом море.

Характер распределения массовых видов эвфаузиид на акватории Баренцева моря зависит от их экологических характеристик. Основные скопления рачков наблюдаются на северо-западных и юго-восточных мелководьях с глубинами 100-200 м: для аркто-бореальных видов *T. inermis* и *T. raschii* это районы воспроизводства, для *M. norvegica* и *T. longicaudata* – места механического накопления приносимых особей (Дробышева, 1985; 1988). Плотность скоплений эвфаузиид регулируется абиотическими условиями, и, в соответствии с видовой спецификой пространственной ориентации, местоположение совместных скоплений высокой численности зависит от доминирующего вида (Дробышева, Нестерова, 1996).

Исследования связи климатических изменений и видовой структуры эвфаузиид выполнялись на протяжении почти 50-летнего периода (1952-2000 гг.) (Дробышева, 1994; Дробышева, Нестерова, 2000; Дробышева и др., 2003). Продолжение данных исследований в условиях длительного потепления Баренцева моря в 2000-е гг. является актуальной задачей. Это связано с резкими колебаниями запаса основного потребителя эвфаузиид – мойвы, численность которой изменяется в противофазе с таковой эвфаузиид (Дробышева, Нестерова, 2000).

2. Материалы и методы

Регулярные исследования эвфаузиид в Баренцевом море проводятся ПИНРО с 1952 г. Макропланктонная съемка включает в себя ежегодный мониторинг численности и распределения эвфаузиид в период проведения осенне-зимней тралово-акустической съемки донных рыб в Баренцевом море. В качестве орудия лова используют притраловую сеть, представляющую собой модифицированную икорную сеть (площадь входного отверстия 0,2 м², размер ячеи сита 564 мкм). Она крепится к верхней подборе донного трала и облавливает макропланктон в слое 4-5 м от дна. Высокая эффективность облова рачков этой сетью достигается за счет перехода эвфаузиид в предзимнее состояние, сопровождающееся снижением их двигательной и физиологической активности. Обработка материала выполняется стандартными методами, принятыми в ПИНРО (Инструкции..., 2001), с проведением видовой идентификации рачков.

3. Результаты и обсуждение

В 50-80-е гг. прошлого столетия, при чередовании холодных и теплых периодов (Мухин, 1975; Терещенко, 1999), в Баренцевом море наблюдались довольно резкие пространственные изменения структуры сообщества эвфаузиид (Дробышева, 1988). В 1953-1964 гг., когда теплосодержание вод было в основном выше нормы, в большинстве случаев доминировали местные виды – *T. inermis* (60-95 % общей численности эвфаузиид), периодически существенно дополняемые *T. raschii*, в меньшей степени – приносными видами *T. longicaudata* и *M. norvegica* (рис. 1).

В 70-80-е гг., при теплосодержании вод ниже нормы, ведущая роль перешла к холодноводному виду *T. raschii*. Произошло резкое расширение его ареала, и, наряду с традиционным распределением больших скоплений рачков (100-1000 экз./1000 м³) на юго-востоке, *T. raschii* в таких же количествах стал встречаться на северо-западе. Границы скоплений постепенно сближались, в холодные и аномально холодные годы (1977-1978) скопления *T. raschii* плотностью до 100 экз./1000 м³ достигали 78° с.ш. (Дробышева, 1994). Значение *M. norvegica* в этот период уменьшилось до 1-2 %, хотя в 50-е гг. оно достигало 15-20 %. Доля *T. longicaudata* на протяжении всего периода колебалась от 0-2 до 18-19 %, при минимальной численности в холодные и аномально холодные годы. Данные тенденции проявлялись во всех районах моря, но наиболее заметны они были в западных и восточных районах, где видовой состав менее смешанный. Последствия холодного периода, сохранявшиеся до середины 80-х гг., способствовали тому, что численность двух доминирующих видов (*T. inermis* и *T. raschii*) была примерно одинакова.

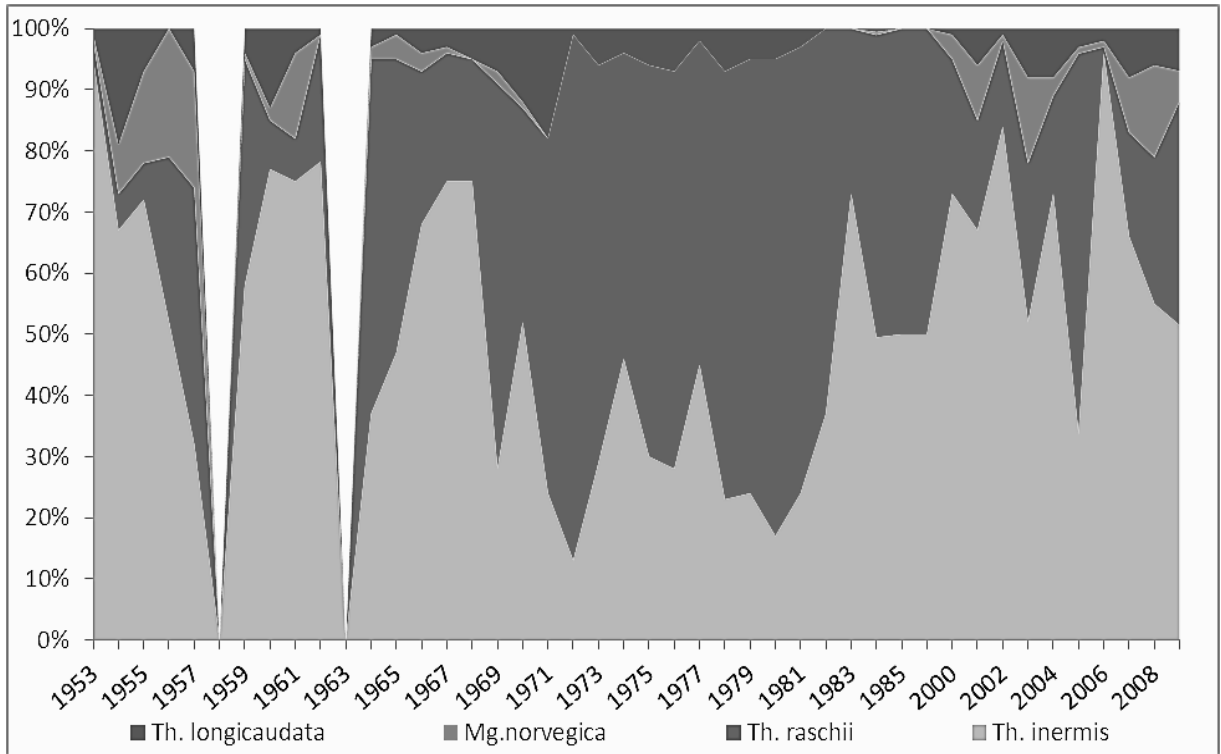


Рис. 1. Видовая структура эвфаузиид в Баренцевом море (1953-1985, 2002-2009 гг.), %

При длительном потеплении, начавшемся с 1988 г. (Бочков, Терещенко, 1992), *T. inermis* вновь начал завоевывать лидирующие позиции, но при этом депрессия *T. raschii*, а также увеличение пресса мойвы на эвфаузиид в начале 90-х гг. (Орлова и др., 2004) привели к крайнему обеднению южных районов и формированию более обширных скоплений на северо-западе (рис. 2). В 1991-1992 гг. средняя численность эвфаузиид в совместных скоплениях в южной части моря не превышала 50 экз./1000 м³ против 350 экз./1000 м³ на северо-западе (Дробышева, Нестерова, 2000).

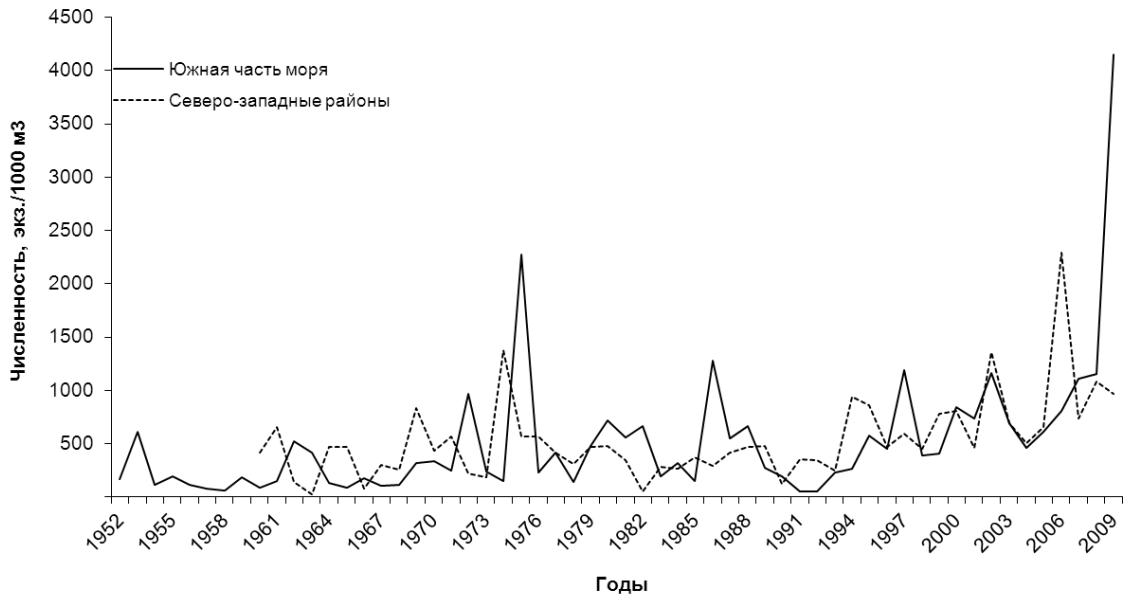


Рис. 2. Численность эвфаузиид в южной части Баренцева моря и в северо-западных районах в 1952-2009 гг., экз./1000 м³

Устойчивое потепление принципиально изменило ситуацию, и уже к 1995 г. средняя численность эвфаузиид в южной части и на северо-западе моря увеличилась соответственно в 5 и 3 раз (до 264 и 943 экз./1000 м³). Несмотря на отсутствие в этот период детального анализа видового состава эвфаузиид, было отмечено увеличение численности тепловодных видов, в частности усиление приноса *M. norvegica*. Средний индекс численности этого вида в южной части Баренцева моря на фоне роста теплоемкости вод в Центральной ветви Нордкапского и Мурманского течений увеличился от 37 экз./1000 м³ в 1998 г. до 105 экз./1000 м³ в 1999 г. (Дробышева и др., 2003). За счет тепловодных видов средняя численность эвфаузиид в совместных скоплениях в эти годы колебалась на высоком уровне: 390-845 экз./1000 м³ – в южной части моря и 450-783 экз./1000 м³ – на северо-западе (Дробышева, Нестерова, 2000).

Наступивший в 2000-2009 гг. период повышенной повторяемости теплых и аномально теплых лет, когда положительные аномалии температуры воды в ветвях указанных течений превышали 1,0-1,3 °С (Orlova et al., 2010), характеризовался дальнейшим повышением численности и расширением ареала аркто-бореальных видов эвфаузиид. Благодаря этому в Баренцевом море сложилась довольно стабильная ситуация за счет повышенных скоплений *T. inermis* на всей акватории и регулярного пополнения *M. norvegica* и *T. longicaudata*. В ежегодном аспекте она нарушалась всплесками или падением численности отдельных видов. Наиболее масштабные изменения произошли на северо-западе моря в экстремально теплом 2006 г., когда численность *T. inermis*, *T. longicaudata* и *M. norvegica* по сравнению с 2005 г. возросла в 10-12 раз при абсолютном доминировании первого вида (средний индекс численности 10459 экз./1000 м³, табл.). При этом *T. longicaudata*, в большей степени, чем *T. inermis*, привязанная к теплым атлантическим водам (Dalpadado et al., 1998), в 2010-2011 гг. встречалась на 45-47° в.д.

Таблица. Индексы численности (экз./1000 м³) эвфаузиид в южной и северо-западной частях Баренцева моря

Годы	Средний индекс общей численности эвфаузиид		<i>M. norvegica</i>		<i>T. inermis</i>		<i>T. raschii</i>		<i>T. longicaudata</i>	
	Южная часть моря	Северо-западная часть моря	Южная часть моря	Северо-западная часть моря	Южная часть моря	Северо-западная часть моря	Южная часть моря	Северо-западная часть моря	Южная часть моря	Северо-западная часть моря
2000	854	1897	51	35	377	1799	402	57	24	6
2001	543	659	98	37	270	483	125	106	50	33
2002	1576	3612	51	13	520	3427	978	152	27	20
2003	654	696	138	48	167	528	328	33	21	87
2004	863	945	33	25	469	805	329	22	32	93
2005	4396	888	38	7	896	861	3304	2	158	18
2006	1006	10833	49	85	852	10459	23	103	82	186
2007	1196	1275	159	45	602	1087	359	14	76	129
2008	1522	1740	250	206	743	1273	472	22	57	239
2009	3530	1005	158	52	1817	525	1507	17	48	411

На этом фоне численность *M. norvegica* колебалась без определенной тенденции, но в целом его значение в отдельные годы было повышенным как в южной части моря (18 и 21 % в 2001 и 2003 гг. и 13-16 % в 2007-2008 гг.), так и на северо-западе, где его доля была ниже (соответственно 6-7 и 4-12 %). В 2006 г. средний индекс численности *M. norvegica* составил на северо-западе 85 экз./1000 м³, однако на фоне высокой численности *T. inermis* доля *M. norvegica* не превышала 0,8 %. Максимальные значения средних индексов численности *M. norvegica* были отмечены в 2008 г.: 250 экз./1000 м³ – в южной части моря и 205 экз./1000 м³ – на северо-западе (табл.). Наряду с межгодовыми колебаниями концентрации *M. norvegica*, их величины в отдельных локальных районах достигали 300-600 экз./1000 м³.

Ареал *M. norvegica*, который в холодные годы встречался в западной части Баренцева моря, в области, граничащей с Норвежским морем (Dalpadado, Skjoldal, 1991), также значительно изменился. Благодаря регулярному пополнению в теплый период (Дробышева и др., 2003) и повышению численности этого вида, он стал обычным компонентом от южных акваторий до 75° с.ш. и 45-52° в.д., встречаясь в небольших количествах и на севере, до 78° с.ш. В результате он дополнил кормовую базу пелагических и донных рыб Баренцева моря. При небольших концентрациях в начале 90-х гг. этими рачками питались исключительно сеголетки трески, а в пище мойвы они не встречались (Пуцаева, 1992).

В настоящее время *M. norvegica* – обычный компонент питания многих баренцевоморских рыб. В пище мойвы и сайки *M. norvegica* встречается вплоть до 78° с.ш. и 55° в.д., а треска потребляет его на большой площади прибрежных и юго-восточных, в меньшей степени – центральных и северных районов.

В противоположность теплолюбивым видам, реакция *T. raschii* на общее потепление была более резкой. На юго-востоке южной части моря, где обычно распределяются основные скопления этого вида, в теплое 2006 г. произошло резкое падение его численности (с 3300 до 23 экз./1000 м³). В дальнейшем численность восстановилась, но ареал *T. raschii* резко сократился, и его очень плотные скопления сосредоточивались на небольших площадях в центральных и восточных районах, где максимальные концентрации достигали 2833-8376 экз./1000 м³. За счет этих скоплений в 2007-2009 гг. доля *T. raschii* составляла до 34-41 % общей численности эвфаузиид (рис. 3). Таким образом, современная ситуация характеризует практически зеркальную картину распределения *T. raschii* по сравнению с холодным периодом в начале 20-го века, когда этот вид обнаруживался и в Кольском заливе (Дерюгин, 1915; Hjort, Ruud, 1929).

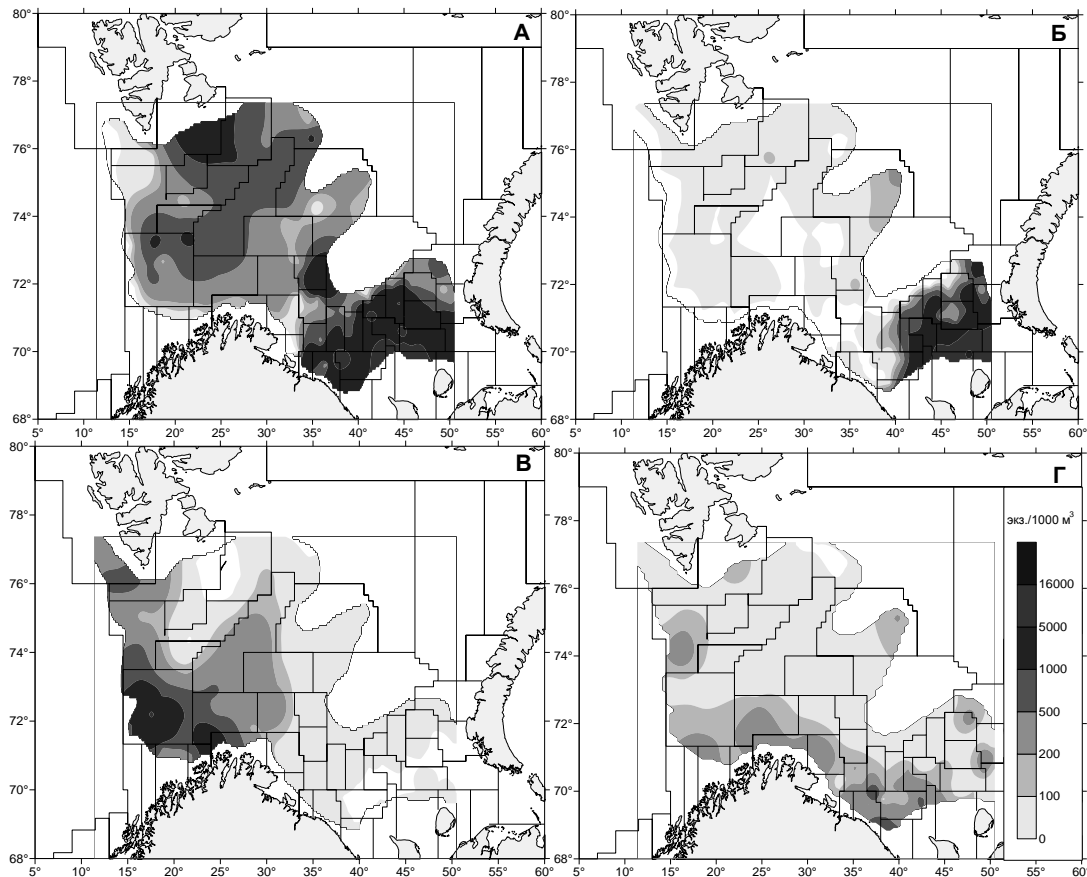


Рис. 3. Распределение различных видов эвфаузиид в Баренцевом море в 2009 г.
(А – *T. inermis*; Б – *T. raschii*; В – *T. longicaudata*; Г – *M. norvegica*)

4. Заключение

На протяжении рассматриваемого 60-летнего периода при чередовании теплых и холодных лет четко прослеживались реакции двух массовых (преимущественно местных) видов – *T. inermis* и *T. raschii* – на изменение теплосодержания вод Баренцева моря. В связи с разобщением центров их ареалов, похолодание приводило к увеличению плотности скоплений на востоке моря, а потепление – на западе. В наибольшей степени это коснулось наиболее холодноводного среди эвфаузиид рода *Thysanoessa* *T. raschii*, ареал которого резко расширился (от восточных до северо-западных акваторий) в anomalно холодные годы и сокращался до минимума (юго-восток моря) – в anomalно теплые. На этом фоне в теплые годы отмечалось полное доминирование *T. inermis*, характеризующегося более широкими температурными пределами, а также усиление приноса океанических видов, ареалы которых расширились: *T. longicaudata* – в восточном направлении, *M. norvegica* – в южном (в меньшей степени – в северном), что способствовало их потреблению многими промысловыми рыбами и увеличению, таким образом, продуктивности Баренцева моря. Основным регулятором количества рачков, начиная с 70-х гг., была численность мойвы.

Литература

- Ajiad A.M., Pushchaeva T.J. The daily feeding dynamics in various lengths of the Barents Sea capelin. *Proceedings of the Fifth PINRO-IMR Symposium Murmansk, 12-16 August*, p.181-192, 1991.
- Dalpadado P., Ellertsen B., Melle W., Skjoldal H.R. Summer distribution patterns and biomass estimates of macrozooplankton and micronekton in the Nordic Seas. *Sarsia*, v.83, p.103-116, 1998.
- Dalpadado P., Skjoldal H.R. Distribution and life history of krill from the Barents Sea. *Polar Research*, v.10, N 2, p.444-460, 1991.
- Einarsson H. Euphausiacea. I. *Northern Atlantic species, Dana Rep., Copenhagen*, N 27, 185 p., 1945.
- Falk-Petersen S., Timofeev S., Pavlov V., Sargent J.R. Climate variability and the effect on arctic food chains. The role of Calanus. *Environmental Challenges in Arctic-Alpine Ecosystem and People in a Changing Environment*, 2007.
- Hassel A., Skjoldal H.R., Gjøsaeter H., Loeng H., Omli L. Impact of grazing from capelin (*Mallotus villosus*) on zooplankton: A case study in the northern Barents Sea in August 1985. *Polar Research*, v.10, p.371-388, 1991.
- Hjort J., Ruud J.T. Whaling and fishing in the North Atlantic. *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Conseil Permanent international pour l'Exploration de la Mer*, v.56, p.1-123, 1929.
- Mauchline J. Euphausiid, stomatopod and leptostracan crustaceans: Keys and notes for the identification of the species. *Synopses of the British fauna (new series)*, 30. E.J. Brill; W. Backhuys, London, 91 p., 1984.
- Orlova E.L., Boitsov V.D., Nesterova V.N. The influence of hydrographic conditions on the structure and functioning of the trophic complex plankton-pelagic fishes-cod. *PINRO. Murmansk, Murmansk Print. Comp.*, 190 p., 2010.
- Orlova E.L., Rudneva G.B., Dolgov A.V., Ushakov N.G., Konstantinova L.L., Zhukova N.G. Long term dynamics of capelin feeding in the Barents Sea and decisive factors. *ICES, CM /F:04*, 17 p., 2006.
- Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Современные многолетние изменения гидрометеорологических условий в Баренцевом море и их биологические последствия. *Экологические проблемы Баренцева моря. Сб. науч. тр. Мурманск, ПИНРО*, с.225-259, 1992.
- Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования. *Зап. Имн. Акад. наук*, т.8, сер. 24, 929 с., 1915.
- Дробышева С.С. Справочный материал о многолетнем распределении эвфаузиевых рачков – кормовых зон промысловых рыб Баренцева моря. *Мурманск, ПИНРО*, 128 с., 1988.
- Дробышева С.С. Формирование скоплений эвфаузиид в Баренцевом море. *Тр. ПИНРО*, вып. 43, с.54-76, 1979.
- Дробышева С.С. Эвфаузииды Баренцева моря и их роль в формировании промысловой биопродукции. *Мурманск, ПИНРО*, 139 с., 1994.
- Дробышева С.С. Эвфаузииды. Значение в планктонном сообществе, зоогеография, популяционная структура, жизненные циклы и динамика массовых видов. *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты, КНЦ АН*, с.162-178, 1985.
- Дробышева С.С., Нестерова В.Н. Многолетнее распределение эвфаузиевых рачков – кормовых объектов промысловых рыб Баренцева моря (1981-1995 гг.) (справочный материал). *Мурманск, ПИНРО*, 27 с., 1996.
- Дробышева С.С., Нестерова В.Н. Распределение летних кормовых зон питания тресковых рыб Баренцева моря эвфаузидами в 90-е годы (справочный материал). *Мурманск, ПИНРО*, 26 с., 2000.
- Дробышева С.С., Нестерова В.Н., Никифоров А.Г., Жукова Н.А. Роль тепловодного компонента в формировании локальных скоплений эвфаузиид в южной части Баренцева моря. *Вопросы рыболовства*, т.4, № 2(14), с.209-216, 2003.
- Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. *Отв. ред. М.С. Шевелев. Мурманск, ПИНРО*, 291 с., 2001.
- Ломакина Н.Б. Эвфаузииды Мирового океана (Euphausiacea). *Л., Наука*, 222 с., 1978.
- Мухин А.И. Тепловое состояние вод в южной части Баренцева моря в 1948-1973 гг. *Тр. ПИНРО*, вып. 35, с.71-82, 1975.
- Орлова Э.Л., Бойцов В.Д., Ушаков Н.Г. Условия летнего нагула и роста мойвы Баренцева моря. *Мурманск, ПИНРО*, 198 с., 2004.
- Панасенко Л.Д. Суточные изменения в питании и рацион баренцевоморской мойвы (*Mallotus villosus*) в летне-осенний период. *Суточные ритмы и рационы питания промысловых рыб Мирового океана. М., ВНИРО*, с.63-75, 1989.
- Пушцаева Т.Я. Суточная динамика питания и пищевые взаимоотношения мойвы и сеголеток трески осенью 1990 г. *Экологические проблемы Баренцева моря. Сб. науч. тр. Мурманск, ПИНРО*, с.200-224, 1992.
- Терещенко В.В. Гидрометеорологические условия в Баренцевом море в 1985-1998 гг. *Мурманск, ПИНРО*, 176 с., 1999.