



ISSN 1560-9278

ВЕСТНИК МГТУ

ТРУДЫ МУРМАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ТОМ 13, № 4/1, 2010



PROCEEDINGS

**OF THE MURMANSK STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

VOL. 13, NO. 4/1, 2010

УДК 591.524.11 (268.45)

Приловы макрозообентоса в ихтиологических донных тралениях как показатель интенсивности тралового промысла

П.А. Любин^{1,2}, Н.А. Анисимова², И.Е. Манушин², Н.Е. Журавлева³

¹ Биологический факультет МГТУ, кафедра биоэкологии

² Полярный институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)

³ Зоологический институт РАН

Аннотация. Работа посвящена проблеме воздействия донного тралового промысла на бентос. Описываются таксономический состав и количественные характеристики приловов макрозообентоса при ихтиологических донных тралениях. Анализируется влияние интенсивности тралового промысла на биомассу макрозообентоса. Показано наличие обратной статистически значимой связи между интенсивностью тралового промысла и биомассой макрозообентоса.

Abstract. The impact of bottom trawling on macrobenthic fauna has been investigated in this work. Species composition and abundance of macrozoobenthos by-catch from the ichthyological bottom trawling have been described. The influence of bottom trawl fishery intensity on by-catch biomass of bottom invertebrates have been analyzed. The significant relationship of inverse order between the intensity of trawling and the biomass of macrozoobenthos has been shown.

Ключевые слова: Баренцево море, бентос, донные траления
Key words: The Barents Sea, benthos, bottom trawling

1. Введение

В настоящее время донные траления являются одним из наиболее массовых видов промысловых операций в Баренцевом море. Большинство применяемых конструкций донных тралов предусматривают их максимальный контакт с грунтом, что сопровождается приловом некоммерческих видов донных беспозвоночных. Это является серьезной проблемой как с природоохранной, так и с рыбохозяйственной точки зрения. С одной стороны, приловы донных беспозвоночных засоряют уловы, усложняют их обработку и являются причиной порчи рыбной продукции. С другой стороны, траления нарушают среду обитания донных организмов, а поднятые на борт животные травмируются и гибнут, что наносит ущерб как донным сообществам, так и экосистеме в целом. Так, по некоторым данным (Денисенко, Денисенко, 1991), в Баренцевом море изъятие бентосных организмов при промысловых операциях исчисляется миллионами тонн и зачастую превышает по объему вылов рыбы.

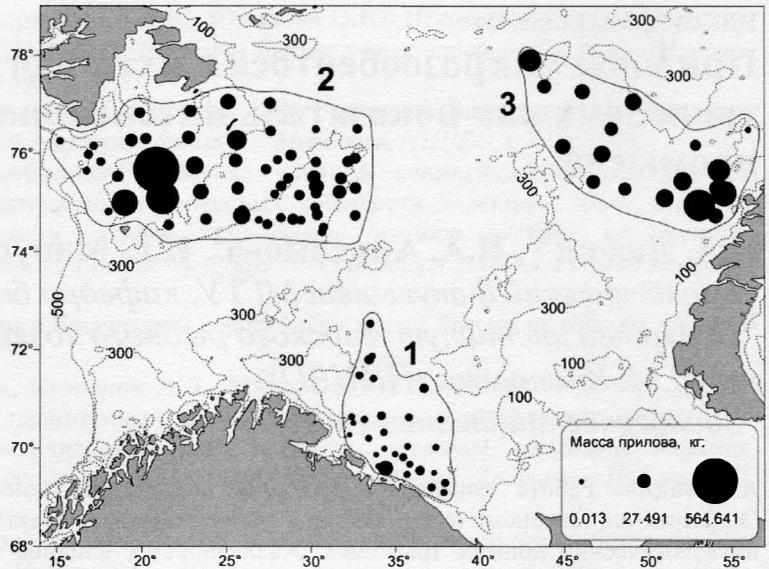
Влиянию различных видов донного промысла на бентосные сообщества посвящено немало работ (Graham, 1955; De Groot, 1984; Prena et al., 1999; Løkkeborg, 2005; Kumar, Deepthi, 2006), однако большинство таких исследований не рассматривают проблему собственно приловов, и в частности – их величину и состав. Вместе с тем, изучение этого явления может напрямую помочь при определении величины воздействия тралового промысла на биоту, разработать практические рекомендации для минимизации действия этого фактора, а также дать дополнительную оперативную информацию о состоянии донных сообществ. Особо следует отметить, что в приловы попадает именно та часть донного населения, которая наиболее сильно страдает от донного тралового промысла, и, как правило, плохо учитывается традиционными – дночерпательными количественными методами бентосных исследований.

Начиная с 2004 г., Полярный институт (ПИНРО) совместно с норвежским Институтом морских исследований (IMR) ежегодно проводит комплексную экосистемную съемку Баренцева моря, одной из ключевых программ которой является траловая съемка донных и придонных видов рыб (Anon, 2006). Как и при промысловых операциях, при выполнении стандартных научных учетных донных тралений происходит прилов бентосных организмов, учет и анализ которых был включен в программу комплексных исследований. В данной работе рассматривается качественный и количественный состав приловов в различных районах Баренцева моря, а полученные данные анализируются с точки зрения влияния тралового промысла на донное население.

Рис. 1. Расположение донных тралений и масса приловов макрозообентоса в исследованных районах.

Обозначение районов в тексте:

- 1 – "южный",
- 2 – "западный",
- 3 – "восточный"



2. Материал и методы

Материалом для исследования послужили сборы макрозообентоса из уловов донных тралений, выполненных на борту НИС "Ф. Нансен" в Баренцевом море в августе-сентябре 2006 г. во время проведения российско-норвежской экосистемной съемки. Траления производились донным учетным тралом "Campelen-1800", представляющим собой активное сетное орудие лова, выполненное из капроновой дели с шагом ячеи 125 мм, снабженное в кутовой части мелкоячеистой вставкой с размером ячеи 22 мм. Стандартное время траления во время съемки составляло 15 минут, средняя скорость – $3,2 \pm 0,008$ узла, вертикальное раскрытие трала – 4 м, горизонтальное – 15 м. Таким образом, средняя учетная площадь одного траления равнялась 22224 ± 134 м². Сортировка улова, идентификация беспозвоночных организмов, подсчет количества экземпляров каждого таксона и их взвешивание с точностью до 0,1 г осуществлялись на борту судна. При анализе приловов донных беспозвоночных уловы северной креветки (*Pandalus borealis*) не учитывались, так как данный вид является бентопелагическим, а применяемое орудие лова – специализированным для его промысла. В этих условиях сопоставление уловов *P. borealis* с уловами других видов представляется некорректным. В качестве показателей биологического разнообразия приловов макрозообентоса были использованы количество таксонов на траление и индекс Шеннона (*Shannon, Weaver, 1949*).

Всего были проанализированы приловы из 104 донных тралений, выполненных в трех районах Баренцева моря: в его южной, западной и восточной частях (рис. 1). Площадь исследованных акваторий составила соответственно 58,7 тыс. км², 114,0 тыс. км², 66,5 тыс. км². Глубина тралений варьировала от 45 до 376 м.

Интенсивность донного тралового промысла оценивалась по данным промысловой статистики системы "Информрыбфлот" за 2002-2005 гг. Для каждого исследованного района определялось количество тралений, суммарное время тралений, среднее время тралений на учетную акваторию и процент покрытия тралениями поверхности дна. Размер учетной акватории был принят равным 30 минутам широты и 60 минутам долготы, что в среднем по Баренцеву морю составляет около 1680 км².

3. Результаты исследований и обсуждение

В проанализированном материале было зарегистрировано 320 таксонов (228 видового ранга), относящихся к 15 типам беспозвоночных. Специфика рыбного трала как орудия лова определяет видовой состав прилавливаемых объектов, который значительно отличается от таксономической структуры макробентоса в целом. Так, по современным данным (*List..., 2001*), наибольшее количество видов в фауне макрозообентоса Баренцева моря приходится на долю ракообразных (24 %), моллюсков (18 %), полихет (16 %) и мшанок (12 %). В проанализированном материале наибольшим количеством таксонов были представлены моллюски (31 % таксономического списка), иглокожие (17 %), ракообразные (17 %) и кишечнополостные (15 %). Видовое разнообразие полихет и мшанок, облавливаемых тралями – невелико (4-5 %), при этом полихеты, распространенные в Баренцевом море повсеместно, в приловах были зарегистрированы только на половине станций.

Приведенные в табл. 1 и на рис. 2 данные показывают, что характер приловов беспозвоночных в трех проанализированных районах значительно различается как по количественным показателям, так и по таксономическому составу.

Рис. 2. Таксономическая структура приловов макрозообентоса в районах исследования: 1 – "южный", 2 – "западный", 3 – "восточный"

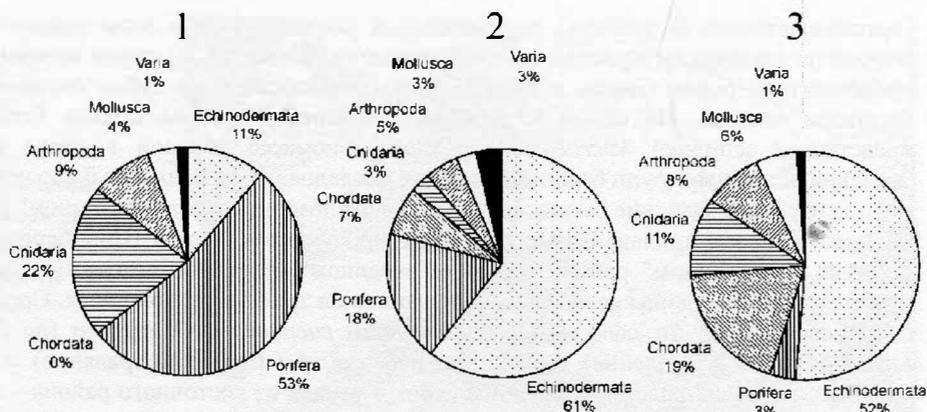


Таблица 1. Характеристика приловов беспозвоночных в трех исследованных районах Баренцева моря

Параметры	Районы		
	"южный"	"западный"	"восточный"
Количество тралений	30	56	18
Глубина тралений, м:			
минимальная	147	40	95
максимальная	304	377	293
средняя	222±8	243±12	209±6
Величина прилова, кг/траление:			
минимальная	0,013	1,6	0,3
максимальная	32,2	564,6	235,2
средняя	2,8±1,1	30,9±11,0	61,4±14,6
Количество таксонов в районе	184	258	152
Среднее количество таксонов на траление	25,0±2,3	41,2±1,6	39,8±2,1
Средняя величина индекса Шеннона	2,13±0,16	2,89±0,11	2,90±0,18
Характерные виды	<i>Tetilla polyura</i> , <i>Ctenodiscus crispatus</i> , <i>Hormathia digitata</i> , <i>Scaphander punctostriatus</i> , <i>Ophiura sarsi</i>	<i>Sabinea septemcarinata</i> , <i>C. crispatus</i> , <i>Ophiacantha bidentata</i> , <i>O. sarsi</i> , <i>H. digitata</i> , <i>Pontaster tenuispinus</i> , <i>S. pallidus</i>	<i>Buccinum hydrophanum</i> , <i>O. bidentata</i> , <i>S. septemcarinata</i> , <i>S. pallidus</i> , <i>Gersemia sp.</i> , <i>Urasterias linckii</i> , <i>Colus sabini</i>

Наиболее бедные приловы беспозвоночных зарегистрированы в южной части Баренцева моря, где их масса на порядок ниже, чем в "западном" и в "восточном" районах (табл. 1). Доминирующей группой беспозвоночных в траловых уловах в "южном" районе были губки. На отдельных станциях их доля в биомассе прилова доходила до 97 %, а в среднем по району составила 53 %. Средний улов губок в "южном" районе составил 1,700±1,035 кг/траление. Максимальный улов губок (31,314 кг), в основном представленных крупными особями рода *Geodia*, был получен в западной части района. Наиболее обычными в южной части моря являются небольшие губки *Tetilla polyura*, частота встречаемости которых составляет здесь более 90 %. Второе место в приловах по биомассе в "южном" районе приходится на кишечнорастворимых (22 %), преимущественно представленных актинией *Hormathia digitata*. Максимальная биомасса этой актинии за 15 минут траления достигла 2,5 кг. На долю иглокожих в южной части моря в среднем приходится всего десятая часть биомассы приловов (рис. 2), а максимальный улов этой группы составил 2,2 кг. Основу приловов иглокожих на юге составляют в основном морские звезды *Ctenodiscus crispatus* и в меньшей степени – крупная бореальная звезда *Hippasteria phrygiana*. Доля ракообразных и моллюсков в приловах невелика и в среднем по району не превышает 10 %.

"Западный" район отличается от "южного" на порядок более высокими значениями биомассы беспозвоночных, улов которых за 15-минутное траление, относительно небольшим учетным тралом, может достигать более полутонны (табл. 1). Доминирующей группой в приловах здесь являются иглокожие, на долю которых в среднем по району приходится более половины биомассы облавливаемых беспозвоночных. Максимальный улов иглокожих составил здесь 335 кг/траление и в основном состоял из голотурии *Cucumaria frondosa*. Второе место в приловах среди иглокожих занимают морские ежи р. *Strongylocentrotus*

(преимущественно *S. pallidus*), максимальный улов которых в этом районе составил 34,5 кг/траление. Второй по значимости в уловах группой являются губки (рис. 2), среди которых по биомассе преобладают представители родов *Geodia* и *Phakellia*. Максимальный улов губок составил 223 кг и 91 % от общей биомассы бентоса. На одной из станций "западного" района прилов беспозвоночных на 65 % был представлен асцидией *Microcosmus glacialis*, биомасса которой в улове составила 99,3 кг/траление. Значение остальных групп беспозвоночных в исследованных приловах было незначительно.

Среднее значение биомассы приловов беспозвоночных в "восточном" районе в два раза превышает биомассу бентоса, прилавливаемого в высокопродуктивных водах Шпицбергена (табл. 1). Доминирующей группой в "восточном" районе, как и в "западном", являются иглокожие, на долю которых в среднем приходится до половины всей массы попадающих в трал беспозвоночных. Среди иглокожих в приловах по биомассе доминируют офиуры *Gorgonocephalus eucnemis* и *G. arcticus* (до 78 кг/траление), *Ophiopleura borealis* (до 15 кг/траление), морские ежи *S. pallidus* (до 68 кг/траление) и морские звезды *Crossaster rapposus* (до 14 кг/траление). Значение губок в уловах из восточного района – незначительно; их биомасса не превышала 28 % от массы прилова. Значительную долю в приловах у берегов Новой Земли составляют асцидии *Ciona intestinalis*. Уловы этого вида на отдельных станциях достигали 159 кг/траление. Из кишечнополостных в наибольшем количестве в приловах встречаются актинии *Hormathia digitata* (до 31 кг/траление) и мягкие кораллы р. *Gersemia* (до 26 кг/траление). Значение моллюсков невелико, их доля в прилове не превышает 20 % общей биомассы. Наибольший улов моллюсков составил 28 кг/траление, из которых 82 % приходилось на долю брюхоногого моллюска *Colus sabini*. Остальные группы беспозвоночных редко достигают 20 % от массы прилова, что не превышало 18 кг/траление.

Приведенные данные наглядно показывают, что масса прилова и его таксономическая структура зависят от района и места траления. Так, биомасса крупных, преимущественно эпибионтных форм бентоса в наиболее продуктивной северо-западной части моря в два раза ниже, чем на северо-востоке Баренцева моря, и на порядок выше, чем в прибрежных водах Мурмана.

Близкий результат получен при анализе фаунистического разнообразия сравниваемых районов. Общее количество таксонов, зарегистрированных в каждом из изученных районов, не может служить критерием этого показателя, т.к. отражает известную зависимость количества таксонов от объема выборки. Однако другие показатели биоразнообразия однозначно указывают на то, что самым бедным в фаунистическом плане является "южный" район. α -разнообразие, выраженное средним количеством таксонов на стандартное траление, и среднее для района значение индекса биоразнообразия Шеннона здесь достоверно ниже, чем в "западном" и "восточном" районах моря (табл. 1).

Многочисленные данные, накопленные за длительный период изучения бентоса Баренцева моря (Броцкая, Зенкевич, 1939; Зенкевич, 1963; Антюпова, 1975; Wassmann et al., 2006 и др.), показывают, что наиболее продуктивным районом, с высоким биоразнообразием, является северо-западная часть моря, расположенная в области фронтальных зон смешения вод (Ожигин, 1989) и обладающая исключительным ландшафтным разнообразием. В связи с этим факт, что средняя масса прилова в "западном" районе ниже, чем в "восточном", при сходных показателях биоразнообразия, выглядит парадоксально и может указывать на наличие негативного фактора, влияющего на биомассу макрозообентоса.

Как было сказано ранее, в Баренцевом море таким фактором может быть донный траловый промысел. По результатам многолетних дочерпательных съемок на Кольском меридиане было показано, что между биомассой бентоса и интенсивностью донного тралового промысла в этом районе существует высокая отрицательная корреляция, составляющая -0,98 (Denisenko, 2001). По данным автора, влияние донного тралового промысла сказывается на биомассе бентоса с задержкой в четыре года.

Анализ полученных нами данных с точки зрения влияния донного промысла на бентос дал следующие результаты. Данные промысловой статистики за 4 года с 2002 по 2005 гг. свидетельствуют о том, что из рассмотренных нами районов наибольшая промысловая нагрузка со стороны российских судов приходится на южную часть Баренцева моря, в 2-3 раза меньшая – на "западный" район и самая низкая – на "восточный" район (рис. 3; табл. 2).

Таблица 2. Интенсивность донных траловых операций в различных районах Баренцева моря в 2001-2005 гг.

Район	Суммарная продолжительность тралений, часы			Проективное покрытие площади дна учетной акватории тралениями, %	
	в целом по району	в среднем на учетную акваторию	максимально на учетную акваторию	среднее	максимальное
"Южный"	157404	7154	31729	35	157
"Западный"	58122 (116244)	1351 (2702)	6730 (13460)	7 (14)	33 (66)
"Восточный"	81	8	46	0,03	0,23

Примечание. В скобках указана предполагаемая величина промысловой нагрузки с учетом иностранного промысла.

Рис. 3. Точки донных тралений и длительность промысловых операций российского флота в Баренцевом море с 2002 г. по 2005 г.

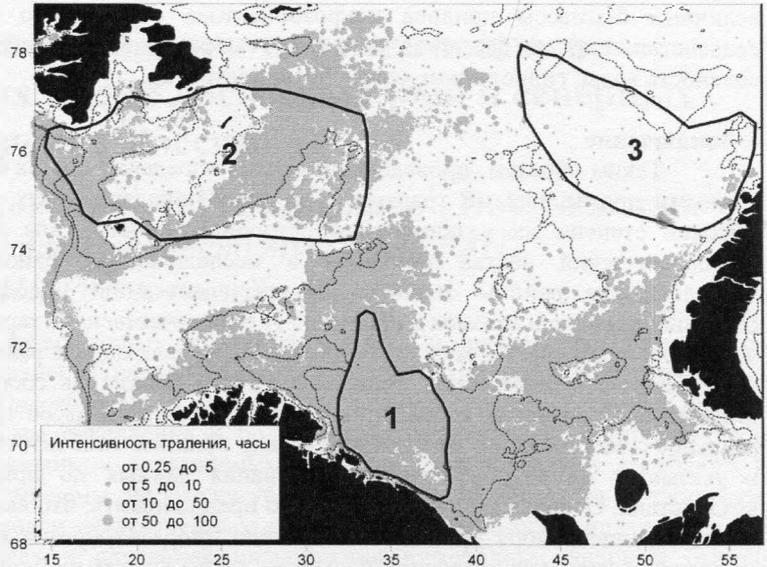


Рис. 4. Зависимость средней массы прилова макрозообентоса от интенсивности промысла



Принимая во внимание представленные данные, следует учитывать, что российская статистика не содержит информации о промысловых операциях иностранных судов, ведущих донный промысел в международных водах архипелага Шпицберген. Так, например, лидирующее место в промысле трески в этом регионе в настоящее время принадлежит Норвегии, доля которой в общем вылове составляет 41,8 %. Россия, реализующая 33,4 % общего вылова, находится на втором месте. Однако 70 % норвежского вылова производится пассивными орудиями лова – жаберными сетями и ярусами, в то время как российский флот использует преимущественно донные тралы (Ярагина и др., 2003). Сходная картина наблюдается и в отношении других объектов промысла. Таким образом, несмотря на значительную долю иностранного промысла в структуре добычи биоресурсов этого региона, лидирующее место по объему траловых операций занимает Россия, а суммарная промысловая нагрузка на донные сообщества в "западном" районе не может превышать официальную российскую статистику более чем в два раза. Тем не менее, из-за отсутствия точных данных о дислокации иностранных судов в исследованных районах нам представляется некорректным использовать полученные величины в расчетах, тем более что они не изменяют общей картины воздействия.

На приведенном на рис. 4 графике рассмотренные районы хорошо различаются как по степени интенсивности донного тралового промысла, так и по величине массы прилова макрозообентоса в учетных донных тралениях. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показывают наличие статистически значимой зависимости ($F_{\text{ф}}=21,42 > F_{\text{ср}}=3,90$) между величиной интенсивности промысла и величиной улова макрозообентоса в учетных тралениях.

Сама зависимость описывается степенной функцией со степенью аппроксимации $R^2=0,38$. При наличии статистически значимой связи между двумя факторами значение R^2 является показателем силы влияния одного фактора (интенсивность тралового промысла) на другой (биомасса макрозообентоса в прилове). Полученные данные позволяют предположить, что около 38 % от общего варьирования

величины биомассы прилова макрозообентоса обусловлено интенсивностью промысла, а 62 % – воздействием других факторов, например, таких, как биопродуктивность района, глубина, температура и соленость воды, гидродинамическая активность и др.

4. Заключение

Таким образом, проведенный анализ определил состав бентосных организмов, прилавливаемых донными промысловыми тралами. Сам факт попадания этих организмов в тралы свидетельствует о высокой степени их уязвимости со стороны данного типа промысловых орудий лова. При этом, таксономический состав приловов в исследованных районах значительно различается. Также исследованные районы значительно различаются по массе, видовому богатству и показателям биоразнообразия организмов в приловах. И если качественная характеристика улова зависит от места сбора материала и различается между станциями в пределах одного района, то количественная характеристика (в нашем случае – биомасса) – более стабильный показатель состояния донного сообщества. Полученная статистически значимая корреляция между количеством часов тралений и массой прилова подтверждает реальное существование зависимости между обилием эпибентоса и интенсивностью тралового промысла и указывает на возможность использования данных по приловам для оценки интенсивности его воздействия. Основываясь на этом, можно предположить, что высокая интенсивность промысла в южной части Баренцева моря привела к снижению биоразнообразия и биомассы макрозообентоса. В северо-западной части Баренцева моря промысел также влияет на биомассу эпибентоса, но его интенсивность ниже и не приводит к выраженному снижению биоразнообразия. Северо-восточный район Баренцева моря может быть охарактеризован как не подверженный влиянию тралового промысла, чем объясняются его высокие показатели биомассы макрозообентоса и его биоразнообразия.

Литература

- Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea in August-October 2006. *IMR/PINRO Joint Report Series, № 2/2006, Murmansk, PINRO Press, 97 p., 2006.*
- De Groot S.J. The impact of bottom trawling on benthic fauna of the North Sea. *Ocean Management, N 9, p.177-190, 1984.*
- Denisenko S.G. Long-term changes of zoobenthos biomass in the Barents Sea. *Proceeding of the Zoological Institute Russian Academy of Sciences, N 289, p.59-66, 2001.*
- Graham M. Effect of trawling on animals of the sea bed. *Deep Sea Research, Suppl. 3, p.1-6, 1955.*
- Kumar A.B., Deepthi G.R. Trawling and by-catch: Implications on marine ecosystem. *Current Science, v.90, N 7, p.922-931, 2006.*
- List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic seas and adjacent deep waters. *Ed.: Sirenko B.I., Exploration of the fauna of the seas, v.51(59), 131 p., 2001.*
- Løkkeborg S. Impacts of trawling and scallop dredging on benthic habitats and communities. *FAO fisheries technical paper, N 472, 69 p., 2005.*
- Prena J., Schwinghamer P., Rowell T.W., Gordon Jr. D.C., Gilkinson K.D., Vass W.P., McKeown D.L. Experimental otter trawling on a sandy bottom ecosystem of the Grand Banks of Newfoundland: Analysis of trawl by-catch and effects on epifauna. *Marine Ecology Progress Series, v.181, p.107-124, 1999.*
- Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. *Urbana, University of Illinois Press, 117 p., 1949.*
- Wassmann P., Reigstad M., Haug T., Rudels B., Carroll M.L., Hop H., Gabrielsen G.W., Falk-Petersen, Denisenko S.G., Arashkevich E., Slagstad D., Pavlova O. Food webs and carbon flux in the Barents Sea. *Progress in Oceanography, N 71, p.232-287, 2006.*
- Антипова Т.В. Распределение биомассы бентоса Баренцева моря. *Труды ПИНРО, вып. 35, с.121-124, 1975.*
- Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учёт донной фауны Баренцева моря. *Труды ВНИРО, т.4, с.5-126, 1939.*
- Денисенко Н.В., Денисенко С.Г. О влиянии донных тралений на бентос Баренцева моря. Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря. *Апатиты, Изд-во КНЦ АН СССР, с.158-164, 1991.*
- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М., Изд-во Академии Наук СССР, 739 с., 1963.
- Ожигин В.К. О фронтальных зонах Баренцева моря. *Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна: Сб. науч. тр., Мурманск, ПИНРО, с.89-103, 1989.*
- Ярагина Н.А., Лебедь Н.И., Шевелев М.С. Промысел. Треска Баренцева моря: биология и промысел. Глава 10. Мурманск, ПИНРО, с.222-244, 2003.