

УДК 574.587–152.6(268.5)

**Т.Б. Носова, И.Е. Манушин, Д.В. Захаров\***

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, 6183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

### **СТРУКТУРА И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА В РАЙОНАХ ПОСЕЛЕНИЙ ИСЛАНДСКОГО ГРЕБЕШКА У КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Представлена информация о текущем состоянии зообентоса гребешковых банок в южной части Баренцева моря и в Воронке Белого моря. За период эксплуатации гребешковых банок произошли значимые изменения в структуре донных поселений. Выделены четыре района, различающиеся уровнем эксплуатации, приведены данные о видовом составе, доминирующих видах и трофической структуре уловов. Исследована динамика численности зообентоса за последние 25 лет, показаны изменения в трофической структуре Святоносского поселения по мере его эксплуатации.

**Ключевые слова:** зообентос, Баренцево море, промысел, гребешок, *Chlamys islandica*, сообщества.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-27-41.

**Nosova T.B., Manushin I.E., Zakharov D.V.** Structure and long-term dynamics of zoobenthos communities in the areas of scallop *Chlamys islandica* beds at Kola Peninsula // Izv. TINRO. — 2018. — Vol. 194. — P. 27–41.

Current state of zoobenthos in the areas of scallop *Chlamys islandica* beds in the southern Barents Sea and eastern White Sea (Voronka) is described. The scallop stock is exploited there with the landing by specialized vessels, without separation of catch, so bycatch of other species is considerable. As the result, significant changes occurred in structure of benthic communities during the times of scallop fishery. To assess the fishery effect, species composition of benthos, its dominant species and trophic structure is considered separately for 4 regions with different degree of exploitation. Dynamics of zoobenthos abundance is traced over the last 25 years. Changes in trophic structure of the benthic community at Cape Svyatoy Nos (southern Barents Sea) are analyzed in details. Although up to ¼ of its total biomass is presented by carnivorous species and the biomass of *C. islandica* has decreased, the portion of sestonophages has increased in this community. Recently a recovery of zoobenthos is observed in its southern part, supposedly because of the animals redistribution from adjacent areas unaffected by fishery. On the contrary, extremely low biomass of zoobenthos, in particular scallop, is observed in the northern part of the community. Biomass of benthos in the Voronka area is high, but it is formed mainly by mussels. There is concluded that more

---

\* Носова Татьяна Борисовна, младший научный сотрудник, e-mail: tankovskaya1991@mail.ru; Манушин Игорь Евгеньевич, научный сотрудник, e-mail: manushyn@gmail.com; Захаров Денис Васильевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: zakharden@yandex.ru.

Nosova Tatyana B., junior researcher, e-mail: tankovskaya1991@mail.ru; Manushin Igor E., researcher, e-mail: manushyn@gmail.com; Zakharov Denis V., Ph.D., senior researcher, e-mail: zakharden@yandex.ru.

than a decade is required for full recovery of the scallop stock and accompanying zoobenthos communities to the native state.

**Key words:** zoobenthos, Barents Sea, fishery, scallop, *Chlamys islandica*, benthic community.

## Введение

Промысел в большинстве случаев оказывает значимое отрицательное воздействие на донные сообщества, изменяя их структуру и условия существования. Одним из наиболее разрушительных видов промысла считается добыча водных биоресурсов с помощью драг. Традиционно в морях Северной Атлантики основным объектом такого лова был исландский гребешок *Chlamys islandica*. Его добыча велась с 1969 г., и за этот период Исландией, Норвегией, Канадой, Гренландией и Россией было выловлено более 500 тыс. т гребешка. Наиболее интенсивно международный промысел велся с 1980 по 2000 г., но к 2008 г. вылов упал до уровня 1–2 тыс. т, что связано с практически повсеместной деградацией запасов (Исследования ПИНРО..., 2004; Золотарев, 2016).

В Баренцевом море и сопредельных водах с помощью драг исландский гребешок добывается сравнительно недавно — с 1986 г. Наиболее активный промысел велся у архипелага Шпицберген в 1986–1993 гг. (преимущественно Норвегией) и в районе Гусиной банки в 1988–1989 гг. (фарерскими и норвежскими судами), что привело к сокращению промыслового запаса гребешка и прекращению его лова в этих районах (Исследования ПИНРО..., 2004). В дальнейшем промысел продолжался в российских водах у Кольского полуострова в основном отечественным флотом (Золотарев, 2016). По данным промысловой статистики своего пика российский промысел достиг в период 1997–2001 гг., когда вылов составлял 12,5–13,0 тыс. т сырца в год. К 2002 г. произошло резкое падение вылова до 2,0–4,9 тыс. т в год из-за сокращения промысловых запасов гребешка. С 2004 г. был остановлен промысел в исключительной экономической зоне Российской Федерации (ИЭЗ РФ), с 2005 г. освоение запасов продолжалось только в пределах территориальных вод в районе мыса Святой Нос и в Воронке Белого моря. С 2018 г. промысел гребешка был закрыт и на Святоносском поселении, и в Воронке Белого моря. По расчетам С.В. Баканева и П.Н. Золоторева (2015) общий запас гребешка на Святоносском поселении с 1990 г. снизился практически в 25 раз — с 1,25 млн т до 46,0 тыс. т.

Лов гребешка у берегов России производился на специализированных судах-гребешколовах, оснащенных 3–5-метровыми драгами и автоматизированной линией переработки улова (Золотарев, Шевелева, 2001). В улове, кроме гребешков, встречались и многие другие бентосные организмы: морские ежи, голотурии, морские звезды, крабы и т.д. Технологический процесс обработки сырца морских гребешков не предполагает отсеивание бентофауны из улова в живом виде. В результате улов драги подвергался физической и термической обработке, а животные в составе прилова гибли. Отходы переработки гребешка и прилов выбрасывались в море (Гудимова, 2004).

Кроме того, драги нарушают микрорельеф морского дна, оставляя борозды, где долгое время не поселяются живые организмы. Травмируется много животных, которые не попадают в улов, а остаются на дне и в дальнейшем погибают или становятся легкой жертвой для хищников. Все это ведет к изменениям в структуре донных биоценозов и их функционировании (Близниченко и др., 1995; Золотарев, 1997; Lindeboom, De Groot, 1998; Jenkins et al., 2001; Гудимова, 2004).

Целью работы являются представление результатов количественного анализа уловов донных беспозвоночных после многолетнего промысла исландского гребешка у Кольского полуострова и оценка воздействия дражного промысла на донные сообщества гребешковых банок. Для этого была получена оценка современного состояния бентосных сообществ и проанализирована многолетняя динамика численности и трофической структуры бентосных сообществ в период промысла гребешка.

## Материалы и методы

Для оценки современного состояния донных морских экосистем в районах поселений исландского гребешка были проведены сбор и анализ биологических данных в ходе экспедиции в Баренцевом и Белом морях на НИС «Фридьоф Нансен» в ноябре 2016 г. Исследованиями охватывались южные районы Баренцева моря — прибрежные районы от о. Харлов до мыса Святой Нос и Воронка Белого моря (рис. 1).

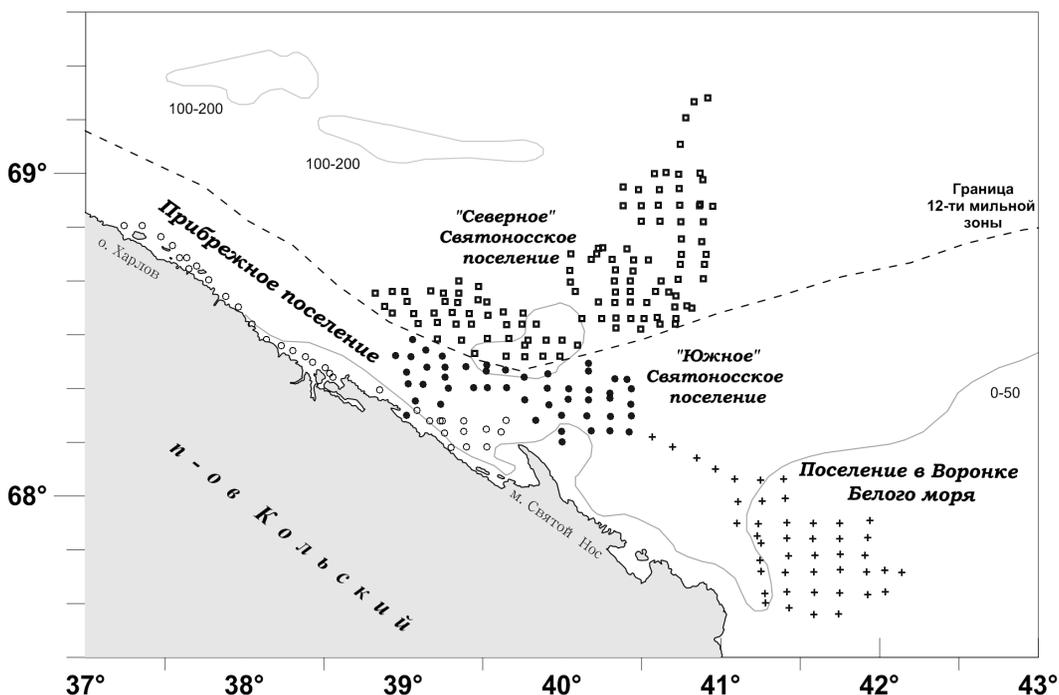


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб макрозообентоса в ноябре 2016 г.  
Fig. 1. Scheme of macrozoobenthos sampling in November, 2016

Всего было выполнено 249 драгирований с помощью трала «Сигсби», представляющего собой металлическую раму шириной 0,9 м с мешком из сетной дели с ячейей рубашки в 30 мм и внутренней вставкой в 12 мм. Длительность драгирований составляла 3–10 мин, а скорость 2–3 уз. Исходя из этого рассчитывалась площадь для каждого траления. Прилов макрозообентоса разбирали на борту судна. На каждой станции производились сортировка, подсчет и взвешивание донных животных. При больших объемах улова биологическому анализу подвергался не весь улов, а его часть, и затем осуществлялся пересчет биомассы и численности в соответствии с проанализированной долей улова. Данные по макрозообентосу в дальнейшем пересчитывались на 1 м<sup>2</sup>. Среднюю биомассу макрозообентоса на станции рассчитывали путем деления биомассы отдельных видов на площадь драгирования и коэффициент уловистости драги, принятый равным 0,2 (Золотарев, 2016), с учетом ошибки средних. В расчетах средних величин макрозообентоса уловы гребешка не учитывались. Доминирующие виды в поселениях были выделены по биомассе методом В.А. Броцкой и Л.А. Зенкевича (1939).

Для оценки воздействия промысла гребешка на бентосные сообщества нами были выделены четыре подрайона — Прибрежный, Воронка Белого моря, акватория Святоносского поселения, разделенная на два полигона — «южный» и «северный». Указанные участки в разные годы по-разному были подвержены антропогенному прессу. В Прибрежном районе промысел гребешка не велся, в ИЭЗ РФ промысел осуществлялся с 1990 г. и был прекращен в 2005 г., в территориальных водах промысел велся непрерывно с 1990 по 2017 г. Поселение гребешка в Воронке Белого моря эксплуатировалось сравнительно недолго — в 1995–2001 и 2007–2016 гг.

Для оценки интенсивности промысла гребешка использованы данные промысловой статистики 1990–2016 гг. Следует отметить, что такие данные не всегда отражали истинную нагрузку на гребешковые поселения (особенно в первые годы рассматриваемого периода) и могут рассматриваться как минимальный уровень промысловой нагрузки в часах. Распределение времени промысловых операций представлено в виде картограммы, в которой полученные на исследованной акватории данные объединены в квадратах регулярной сетки координат с шагом 0,027° с.ш. и 0,075° в.д (3 x 3 км), в каждом квадрате дано суммарное время промысловых операций (рис. 2). Для построения графических карт использовались пакеты программ ГИС Surfer 10 (Golden Software, USA) и среда статистического программирования R (R Foundation).

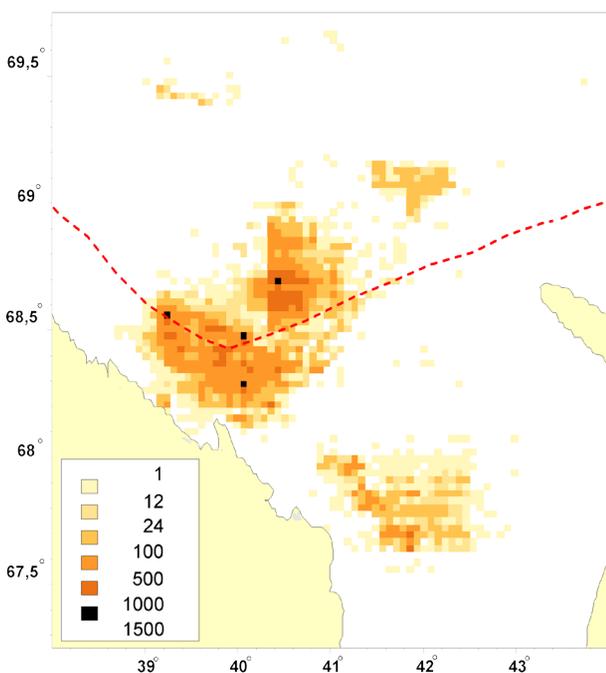


Рис. 2. Длительность промысловых операций судов-гребешколов в 1990–2016 гг. в южной части Баренцева и Воронке Белого морей (пунктирной линией отмечена граница 12-мильной зоны), ч

Fig. 2. Summary duration of fishing operations on scallop in the southern Barents Sea and eastern White Sea (Voronka) in 1990–2016, hours (dotted line — border of the 12-mile zone)

Для анализа многолетних изменений состояния поселений бентоса в районе промысла были использованы данные, полученные наблюдателями ПИНРО на борту промысловых судов. Для анализируемых уловов фиксировались такие параметры, как дата, координаты, скорость и время драгировки, масса улова. Состав уловов определяли методом навески (Изучение экосистем..., 2004). Навеску массой 20–30 кг отбирали из бункера-накопителя сразу после высыпания улова из драги. В навеске определяли численность животных, в дальнейшем она пересчитывалась на весь улов и площадь облова. Донные животные определялись до максимально возможного таксономического уровня.

### Результаты и их обсуждение

Согласно данным промысловой статистики наиболее эксплуатируемыми участками на юге Баренцева моря являлись район Святоносского поселения, который разделен на три части небольшими желобами, и Воронка Белого моря. Акватория Святоносского поселения была основным районом промысла, где в течение 1990–2016 гг. было выловлено более 90 % добываемого гребешка, и лишь 10 % выловленного гребешка было добыто в Воронке Белого моря (Золотарев, 2016). Наиболее сильному промысловому прессу подвергся район, ближайший к побережью Кольского полуострова. Суммарное значение времени работ в его некоторых участках превышает 1000 ч, а общая нагрузка составила более 52 тыс. ч драгировок. На центральную часть поселения пришлось более 32 тыс. ч траловых операций.

Северная часть Святоносского поселения была наименее затронута промыслом, активная добыча здесь велась лишь в 2001 г., и промысловая нагрузка составила всего 1,9 тыс. ч. В Воронке Белого моря промысел велся с перерывами, и общая нагрузка составила около 8,9 тыс. ч тралений.

По данным съемки 2016 г. на исследованной территории обнаружено 109 таксонов бентосных животных, принадлежащих 11 типам, 18 классам и 68 семействам (табл. 1). В течение всего периода работ доминантной фаунистической группой в изученных районах были моллюски, которые составляли 33 % общего числа видов, на долю ракообразных и иглокожих приходилось соответственно 20 и 15 % видового списка.

Таблица 1

Список таксонов беспозвоночных, встреченных в уловах трала «Сигсби» в ходе исследований запаса исландского гребешка на различных участках исследованного района в ноябре 2016 г.

Table 1

List of invertebrates taxa in catches of Sigsbee trawl in November, 2016, by areas

Тип	Класс	Семейство	Таксон	Воронка Белого моря	Прибрежное поселе- ние	Святоносское поселение	
						«Север- ное»	«Юж- ное»
Porifera	Demospongiae	Axinellidae	<i>Phakellia</i> sp.			+	
		Geodiidae	<i>Geodia</i> sp.		+		
		Clionaiadae	<i>Cliona</i> sp.	+		+	
		Myxillidae	<i>Myxilla (Myxilla) incrustans</i>		+		+
		Polymastiidae	<i>Polymastia</i> sp.			+	+
			<i>Polymastia uberrima</i>			+	+
			Polymastiidae g. sp.			+	
Suberitidae	<i>Suberites ficus</i>			+	+		
Cnidaria	Anthozoa	Actiniidae	<i>Actinaria</i> g. sp.	+	+	+	+
			<i>Bolocera tuediae</i>				+
			<i>Stomphia coccicea</i>			+	+
		Hormathiidae	<i>Hormathia digitata</i>	+	+	+	+
		Liponematidae	<i>Liponema multicornе</i>			+	
	Nephteidae	<i>Gersemia fruticosa</i>			+	+	
	Hydrozoa	Sertulariidae	<i>Sertulariidae</i> g. sp.			+	
		<i>Thuiaria thuja</i>			+	+	
Nemertea			<i>Nemertea</i> g. sp.	+		+	+
Sipuncula	Sipunculidea	Golfingiidae	<i>Golfingia vulgaris vulgaris</i>			+	
		Phascolionidae	<i>Phascolion strombus strombus</i>			+	
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta</i> g. sp.	+	+		+
		Maldanidae	<i>Maldanidae</i> g. sp.			+	
		Nephtyidae	<i>Nephtyidae</i> g. sp.	+		+	+
		Nereididae	<i>Nereididae</i> g. sp.	+			+
		Polynoidae	<i>Polynoidae</i> g. sp.	+	+	+	+
		Terebellidae	<i>Terebellidae</i> g. sp.	+	+	+	
Echinoder- mata	Asteroidea	Astериidae	<i>Asterias rubens</i>	+	+	+	+
			<i>Leptasterias groenlandica</i>				
		Echinasteridae	<i>Henricia</i> sp.	+		+	+
		Goniasteridae	<i>Hippasteria phrygiana phrygiana</i>			+	+

Продолжение табл. 1  
Table 1 continued

Тип	Класс	Семейство	Таксон	Воронка Белого моря	Приб- режное поселе- ние	Святоносское поселение			
						«Север- ное»	«Юж- ное»		
Echinoder- mata	Asteroidea	Solasteridae	<i>Crossaster papposus</i>	+			+		
			<i>Solaster endeca</i>				+		
			<i>Solaster syrtensis</i>		+	+	+		
	Echinoidea	Echinidae	<i>Echinus esculentus</i>			+		+	
		Strongylocen- trotidae	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	+	+	+	+		
			<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	+	+	+	+		
			<i>Strongylocentrotus sp.</i>					+	
	Holothuroidea	Cucumariidae	<i>Cucumaria frondosa</i>	+	+	+	+		
			<i>Thyonidium drummondi</i>				+		
	Ophiuroidea	Phylloporidae	<i>Pentamera calcigera</i>					+	
		Ophiacanthidae	<i>Ophiacantha bidentata</i>	+			+		
		Ophiactidae	<i>Ophiopholis aculeata</i>	+	+	+	+		
Mollusca	Bivalvia	Astartidae	<i>Astarte crenata</i>	+	+	+	+		
			<i>Astarte elliptica</i>				+		
		Cardiidae	<i>Ciliatocardium ciliatum</i>					+	
			<i>Serripes groenlandicus</i>			+	+	+	
		Hiatellidae	<i>Hiatella arctica</i>			+			
			<i>Hiatella rugosa</i>	+	+	+			
		Mactridae	<i>Spisula elliptica</i>	+			+	+	
		Mytilidae	<i>Modiolus modiolus</i>	+	+	+	+		
			<i>Musculus laevigatus</i>					+	
			<i>Musculus niger</i>					+	
		Pectinidae	<i>Mytilus edulis</i>	+	+				
			<i>Chlamys islandica</i>	+	+	+	+	+	
Tellinidae	<i>Palliolum tigrinum</i>			+	+				
	<i>Macoma sp.</i>					+			
Gastropoda	Buccinidae	Nudibranchia g. sp.					+		
		<i>Buccinum ciliatum ciliatum</i>			+				
		<i>Buccinum elatior</i>					+	+	
		<i>Buccinum fragile</i>			+				
		<i>Buccinum glaciale</i>	+			+	+		
		<i>Buccinum undatum</i>	+	+					
		<i>Neptunea communis</i>			+	+	+		
		<i>Neptunea despecta</i>	+	+	+	+	+		
		<i>Neptunea ventricosa</i>					+		
		Epitoniidae	<i>Boreoscala greenlandica</i>						+
		Fissurellidae	<i>Lepeta caeca</i>					+	
		Muricidae	<i>Boreotrophon sp.</i>			+	+	+	
Naticidae	<i>Cryptonatica affinis</i>			+	+				
	<i>Lunatia pallida</i>					+			
Polyceridae	Polyceridae g. sp.						+		
Scaphandridae	<i>Scaphander punctastriatus</i>					+			

Окончание табл. 1  
Table 1 finished

Тип	Класс	Семейство	Таксон	Воронка Белого моря	Прибрежное поселение	Святоносское поселение		
						«Северное»	«Южное»	
Mollusca	Gastropoda	Trochidae	<i>Margarites groenlandicus</i>					
		Velutinidae	<i>Limneria undata</i>		+			
	Polyplacophora		<i>Boreochiton</i> sp.				+	
Arthropoda	Cirripedia	Balanomorpha	<i>Semibalanus balanoides</i>	+	+	+	+	
	Malacostraca	Caprellidae	<i>Caprella carina</i>			+		
		Ampeliscidae	<i>Ampelisca</i> sp.				+	
		Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.			+		
		Melitidae	<i>Maera</i> sp.			+		
		Lysianassidae	<i>Anonyx</i> sp.				+	
		Atylidae	Atylidae g. sp.			+		
			<i>Atylus smittii</i>					+
		Crangonidae	<i>Crangon allmanni</i>			+	+	+
			<i>Sclerocrangon boreas</i>			+	+	
			<i>Sclerocrangon ferox</i>				+	
		Hippolytidae	<i>Lebbeus polaris</i>			+	+	+
			<i>Spirontocaris</i> sp.			+		
			<i>Spirontocaris spinus</i>			+	+	+
		Lithodidae	<i>Paralithodes camtschaticus</i>			+	+	+
		Majidae	<i>Hyas araneus</i>			+	+	+
	<i>Hyas coarctatus</i>						+	
	Paguridae	<i>Pagurus pubescens</i>			+	+	+	
	Pandalidae	<i>Pandalus borealis</i>				+	+	
		<i>Pandalus montagui</i>			+	+	+	
Pycnogonida	Nymphonidae	<i>Nymphon hirtum</i>				+		
		<i>Nymphon stroemi stroemi</i>				+		
	Pycnogonidae	<i>Pycnogonum litorale</i>				+		
Brachiopoda	Rhynchonellata	Hemithyrididae	<i>Hemithyris psittacea</i>			+		
Bryozoa	Gymnolaemata		Bryozoa g. sp.		+			
		Celleporidae	<i>Cellepora</i> sp.		+	+		
		Flustridae	<i>Securiflustra securifrons</i>			+		
		Scrupariidae	<i>Eucratea loricata</i>				+	
		Scrupocellariidae	<i>Tricellaria ternata</i>			+		
Chordata	Asciidiacea		Asciidiacea g. sp.			+	+	
		Asciidiidae	<i>Ascidia</i> sp.		+	+	+	
		Pyuridae	<i>Boltenia echinata</i>	+				
			<i>Halocynthia pyriformis</i>	+			+	
Styelidae	<i>Styela rustica</i>	+						

Небольшим количеством видов были представлены губки (7%), кишечнополостные (7%), полихеты (5%) и мшанки (4%). Остальные группы животных (сипункулы, брахиоподы, немертины) занимали 1–2% списка видов.

Прибрежный район Баренцева моря от о. Харлов до мыса Святой Нос не был подвержен влиянию промысла исландского гребешка (табл. 2). Доминирующее положение по биомассе занимала голотурия *C. frondosa* (в среднем по району  $10,8 \pm 5,7$  г/м<sup>2</sup>, макси-

мальная биомасса до 161,1 г/м<sup>2</sup>). На втором месте находились двустворчатые моллюски, среди которых преобладал *S. groenlandicus* (4,3 ± 1,9 г/м<sup>2</sup>). Третье место по биомассе занимал морской еж *E. esculentus* (2,0 ± 0,9 г/м<sup>2</sup>). Основу биомассы прилова плотоядных составил брюхоногий моллюск *Neptunea despecta* (1,6 ± 0,6 г/м<sup>2</sup>). Биомассы остальных групп животных в уловах были незначительны.

Таблица 2

Основные характеристики уловов зообентоса и гребешка на акваториях с различным уровнем эксплуатации гребешковых поселений по данным 2016 г.

Table 2

The main parameters of zoobenthos and scallop catches in 2016, by areas with different levels of exploitation

Характеристика	Воронка Белого моря	Прибрежный подрайон	Святоносское поселение	
			«Северное»	«Южное»
Плотность, экз./м <sup>2</sup>	13,9 ± 5,4	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Биомасса, г/м <sup>2</sup>	220,7 ± 81,2	24,9 ± 6,4	5,2 ± 0,9	24,9 ± 6,3
Кол-во таксонов	32	53	66	62
Кол-во видов на станции	23	38	50	45
Доля плотоядных по биомассе, %	5	10	25	25
Доминирующие виды	<i>M. edulis</i> , <i>P. pubescens</i> , <i>A. rubens</i> , <i>S. droebachiensis</i>	<i>C. frondosa</i> , <i>Serripes</i> <i>groenlandicus</i> , <i>Echinus esculentus</i> , <i>Neptunea despecta</i>	<i>Hormathia</i> <i>digitata</i> , <i>Suberites</i> <i>ficus</i> , <i>C. frondosa</i> , <i>Paralithodes</i> <i>camtschaticus</i>	<i>C. frondosa</i> , <i>N. despecta</i> , <i>M. modiolus</i> , <i>P. pubescens</i> , <i>H. araneus</i>
Биомасса гребешка, г/м <sup>2</sup>	90,2 ± 78,5	199,8 ± 41,4	15,9 ± 4,7	197,3 ± 46,2

На акватории Святоносского поселения гребешка, находящейся в «северном» районе, промысел этого ресурса не ведется с 2005 г., в связи с чем этот район условно можно назвать «восстанавливающимся». Доминирующими группами животных были коралловые полипы, губки, голотурии и камчатский краб. Первое место по встречаемости и биомассе занимала актиния *H. digitata*, она регистрировалась в 53 % уловов, среднее значение биомассы — 1,3 ± 0,3 г/м<sup>2</sup>. Тип Porifera в основном был представлен губкой *S. ficus* (1,1 ± 0,7 г/м<sup>2</sup>). В группе иглокожих по массе доминировала голотурия *C. frondosa*, ее средняя биомасса составила 1,1 ± 0,3 г/м<sup>2</sup>. Камчатский краб *P. camtschaticus* отмечался в 8 % уловов, среднее значение его биомассы составило 0,5 ± 0,3 г/м<sup>2</sup>.

Поселения гребешка, расположенные в «южном» районе Святоносского поселения, испытывают промысловую нагрузку с начала 1990-х гг. Здесь средние значения биомассы организмов макрозообентоса были в 5 раз выше, чем в районе поселения гребешка за пределами 12-мильной зоны. По биомассе доминировала голотурия *C. frondosa* — 13,5 ± 4,4 г/м<sup>2</sup>, ее максимальная биомасса на одной из станций достигала 193,9 г/м<sup>2</sup>. Второе место в уловах занимали моллюски — брюхоногий моллюск *N. despecta* (3,0 ± 0,9 г/м<sup>2</sup>) и двустворчатый моллюск *M. modiolus* (2,5 ± 0,6 г/м<sup>2</sup>). Из ракообразных наиболее часто в уловах регистрировались рак-отшельник *P. pubescens* (61 %) и краб *H. araneus* (24 %), биомасса которых составляла соответственно 1,1 ± 0,4 и 0,9 ± 0,5 г/м<sup>2</sup>.

На акватории поселения гребешка в Воронке Белого моря средняя биомасса бентосных организмов на 1–2 порядка превышала ее величину в других районах. Высокая биомасса здесь формировалась за счет двустворчатого моллюска *M. edulis*, его максимальная биомасса на одной из станций составляла 1963,5 г/м<sup>2</sup>, средняя биомасса — 202,2 ± 79,2 г/м<sup>2</sup>. Без учета прилова мидий средняя биомасса зообентоса снижается до уровня 19,3 ± 4,5 г/м<sup>2</sup>. Второе место в приловах занимали раки-отшельники *P. pubescens*, средняя биомасса которых составила 3,6 ± 1,2 г/м<sup>2</sup>. В группе иглокожих по биомассе доминировали морские звезды *A. rubens* и ежи *S. droebachiensis*, их средние биомассы составляли соответственно 3,3 ± 1,9 и 2,2 ± 1,2 г/м<sup>2</sup>.

Распределение общей биомассы бентосных организмов на полигонах исследования показано на рис. 3.

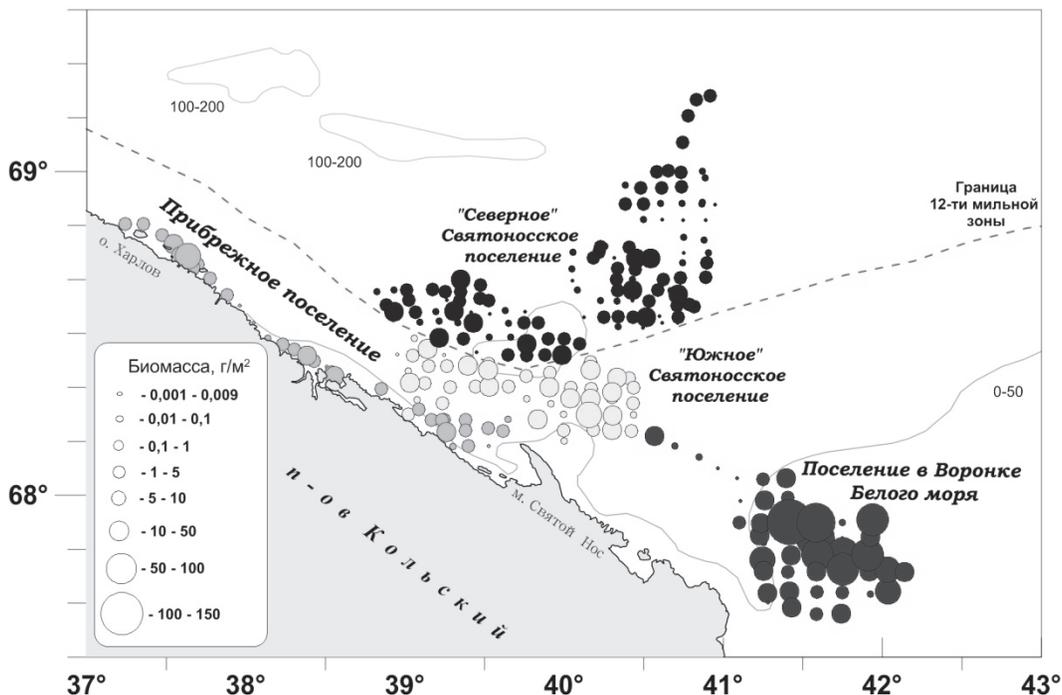


Рис. 3. Распределение биомассы бентосных организмов в ноябре 2016 г., г/м<sup>2</sup>  
 Fig. 3. Benthic organisms biomass in November 2016, g/m<sup>2</sup>

На исследуемой акватории были встречены организмы макрозообентоса, принадлежащие ко всем 5 основным трофическим группировкам: сестонофаги (животные, фильтрующие придонный слой воды), плотоядные, детритофаги-собиратели (животные, питающиеся органикой с поверхности грунта), детритофаги-грунтоеды и фитофаги. Во всех 4 районах основную долю биомассы уловов составляли сестонофаги (рис. 4), они представлены 42 таксонами, таксономический состав и соотношение доминантов этой трофической группировки различались по районам. В «северном» районе основу биомассы сестонофагов составляли *H. digitata* (34 %), *S. ficus* (28 %) и *C. frondosa* (27 %).

В «южном», как и в Прибрежном подрайоне, более половины биомассы улова организмов этой трофической группировки составляла *C. frondosa*. В Воронке Белого моря 98 % биомассы сестонофагов было представлено мидией *M. edulis*.

Следующая группа — плотоядные — объединяет 51 таксон животных, их доля в уловах и видовой состав доминантов также варьировали в различных районах. Наибольшая доля плотоядных в уловах была отмечена в «северном» и «южном» районах Святоносского поселения. Однако столь большая доля плотоядных в «северном» районе была сформирована только за счет его частей, граничащих с «южной» частью Святоносского поселения. В «северном» районе доминирующими организмами были камчатский краб и гастропода *N. despecta* — соответственно 36 и 22 % биомассы, в «южном» — *N. despecta* (49 %) и *P. pubescens* (17 %). Абсолютным доминантом среди плотоядных организмов в районе Прибрежного поселения гребешка была *N. despecta* (60 %), к субдоминантам отнесены *P. pubescens* (13 %) и *N. communis* (10 %).

В Воронке Белого моря доминантами среди хищников были *P. pubescens* (31 %) и *A. rubens* (28 %), на втором месте по биомассе в приловах были камчатский краб (14 %), *Vuccinum glaciale* (9 %) и *H. araneus* (8 %).

Оставшиеся 3 трофические группы (детритофаги-собиратели, детритофаги-грунтоеды и фитофаги) были немногочисленны. Детритофаги-грунтоеды включали 4 таксона, доля их биомассы во всех районах была менее 0,1 %. Из детритофагов-собирателей

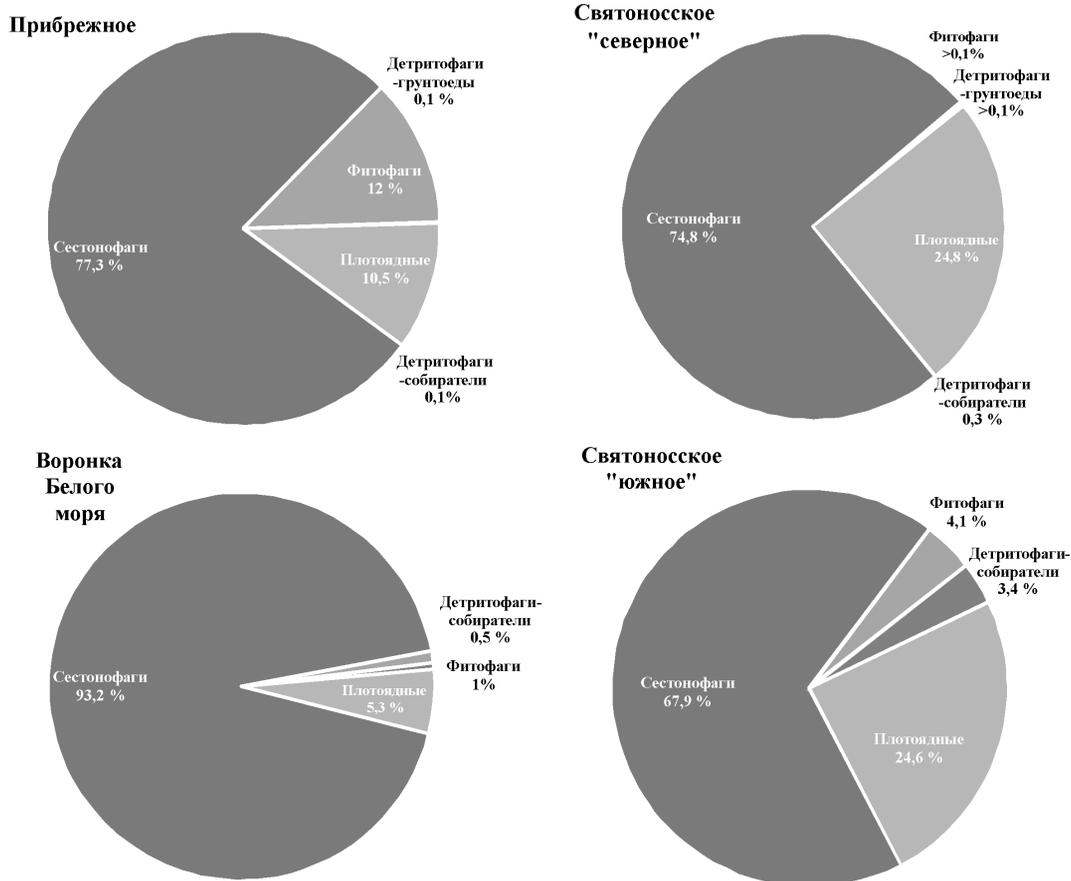


Рис. 4. Трофическая структура (биомасса) сообществ макрозообентоса гребешковых поселений в Баренцевом море и Воронке Белого моря в 2016 г.

Fig. 4. Trophic structure (biomass) of macrozoobenthos communities in the southern Barents Sea and eastern White Sea (Voronka) in 2016

в уловах встречались представители 12 таксонов, в 3 районах более 60 % биомассы этой группы составляет морской еж *S. pallidus*, и только в Прибрежном районе доминировала офиура *O. aculeata* (58 %), на втором месте — *S. pallidus* (26 %). Фитофаги встречены во всех четырех районах и представлены морскими ежами *S. droebachiensis* (отмечен во всех районах) и *E. esculentus* (обнаружен в Прибрежном и «южном»).

Ретроспективный анализ данных о численности донных беспозвоночных в приловах промысловых драг в Баренцевом море в период с 1990 по 2015 г. позволяет относительно полно оценить воздействие промысла на локальные биотопы. Для характеристики общих изменений в фаунистическом составе донных экосистем были взяты сведения о численности мегабентоса на акватории всего Святоносского поселения. Здесь, кроме гребешка, в уловах были встречены представители 88 таксонов (из них 68 видового ранга), относящихся к 10 типам и 17 классам.

Плотность донных сообществ Святоносского поселения гребешка, подвергшихся интенсивному воздействию дражного промысла, сильно снизилась за период эксплуатации (рис. 5). Высокие относительные плотности поселений донных беспозвоночных, зарегистрированные в начале 1990-х гг., при значительном увеличении промысловой нагрузки, отмеченной с середины 1990-х гг., быстро снизились примерно на порядок к началу 2000-х гг., когда промысел гребешка достигал своего пика (рис. 6).

За период наблюдений с 1990 по 2015 г. были также выявлены кардинальные изменения трофической структуры биоценоза на акватории Святоносского поселения. Практически полностью из сообщества исчезли детритофаги-собиратели (рис. 7).

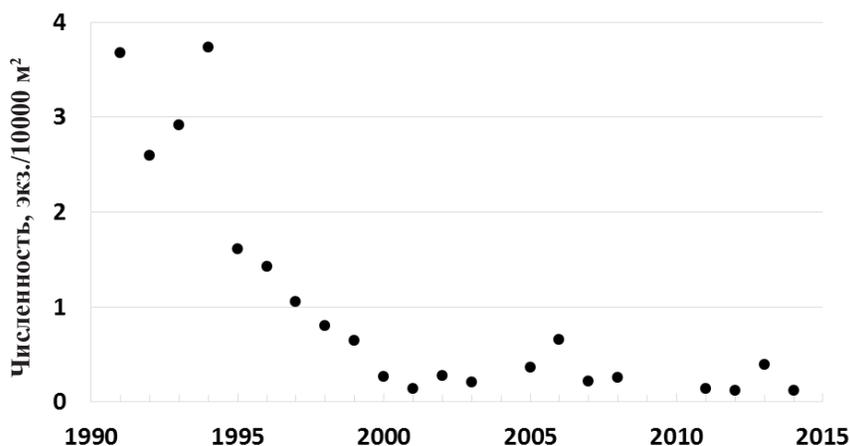


Рис. 5. Индекс численности бентосных организмов (без учета гребешка) на Святоносском поселении исландского гребешка по данным наблюдателей на промысловых судах в 1990–2015 гг.

Fig. 5. Index of benthic species abundance (without scallop) for the community at Cape Svyatoy Nos in 1990–2015, by information from observers aboard commercial vessels

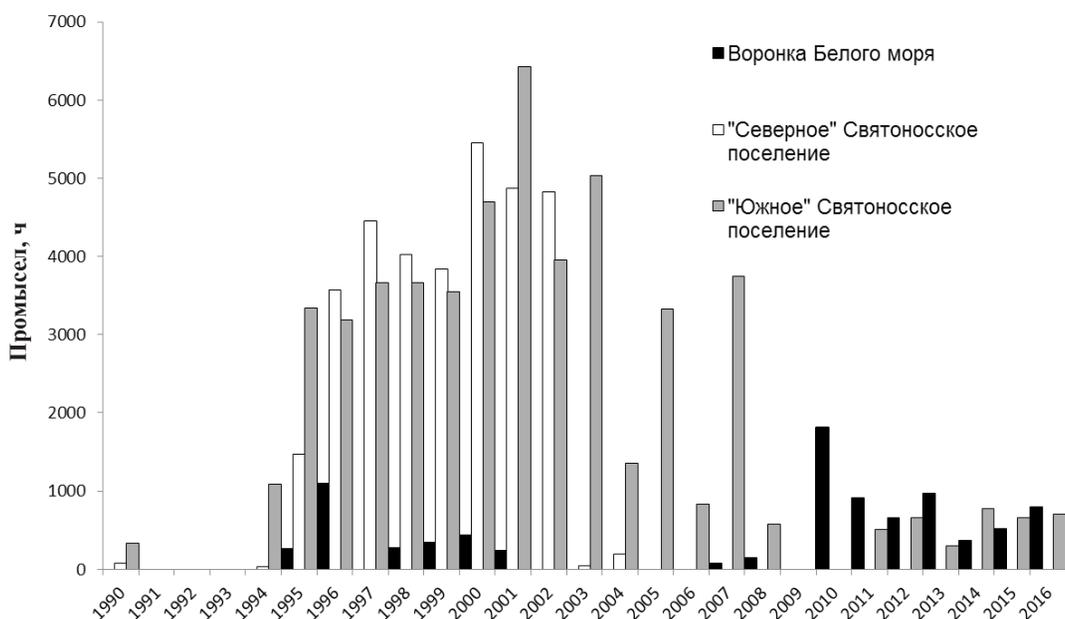


Рис. 6. Интенсивность промысла на трех поселениях гребешка в 1990–2016 гг. в Баренцевом море и в Воронке Белого моря

Fig. 6. Intensity of fishing in 3 areas of scallop communities in the southern Barents Sea and eastern White Sea (Voronka) in 1990–2016

Обратная тенденция наблюдалась для сестонофагов. На фоне снижения численности доминирующего вида-сестонофага *C. islandica* доля других видов с аналогичным типом питания (губки, асцидии и модиолусы) в структуре сообщества повысилась (рис. 7). И наконец, третья основная трофическая группировка — плотоядные — показала синхронную с интенсивностью промысла динамику — увеличение интенсивности промысла провоцировало увеличение доли плотоядных организмов.

Район Святоносского поселения разделен линией 12-мильной зоны на два подрайона — «северный», восстанавливающийся (после наиболее интенсивного промысла) в течение 12 последних лет, и «южный» с почти непрерывно ведущимся от начала 1990-х гг. промыслом гребешка. Несмотря на относительно долгое отсутствие дражного промысла, «северный» район в сравнении с «южным» характеризовался

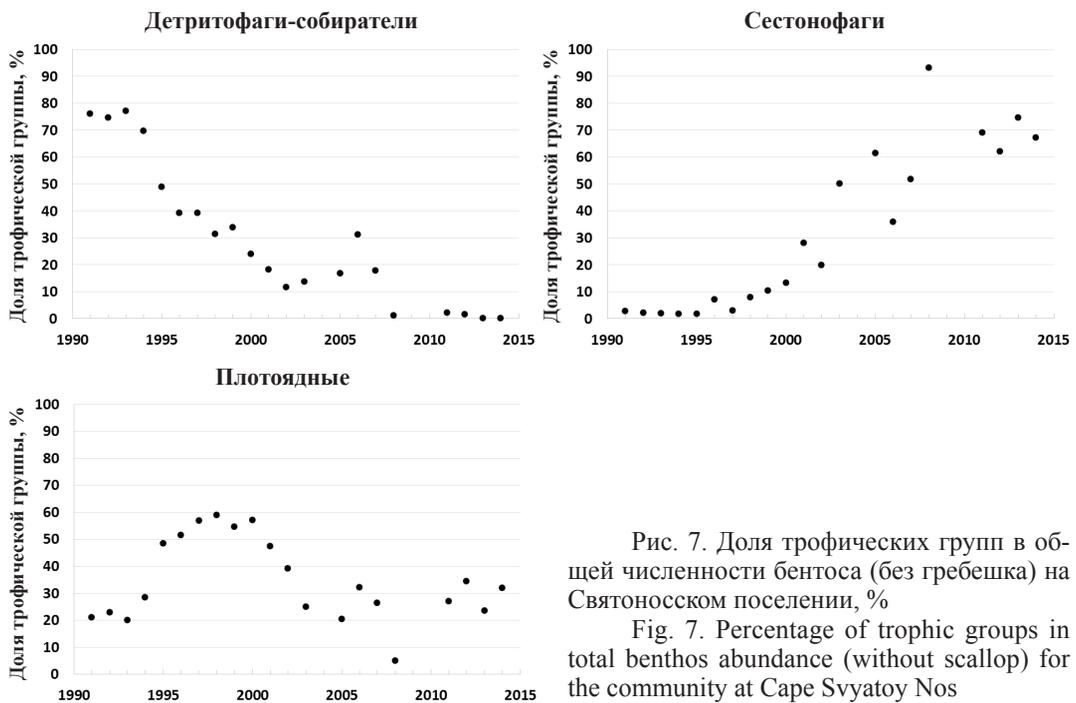


Рис. 7. Доля трофических групп в общей численности бентоса (без гребешка) на Святоносском поселении, %

Fig. 7. Percentage of trophic groups in total benthos abundance (without scallop) for the community at Cape Svyatoy Nos

низкими средними биомассами беспозвоночных. По трофической структуре здесь преобладали хищники (гастроподы, камчатский краб) и сестонофаги (голотурии, губки, актинии *H. digitata*). Однако без учета станций, находящихся в непосредственной близости к 12-мильной границе и «южному» участку, доля хищников в «северной» части снижалась до 3 % и в сообществе абсолютно доминировали сестонофаги, составляющие 96 % всей биомассы.

Масштабный промысел гребешка, вероятно, привел к нарушениям структуры и функционирования донных биоценозов этого участка. Уловы зообентоса и гребешка здесь были самые низкие по сравнению с остальными районами, причем биомасса гребешка ниже, чем биомасса остального зообентоса. Наши данные демонстрируют, что за 12 лет восстановления поселений гребешка здесь не произошло.

В «южном» районе наблюдалась самая большая доля плотоядных (22 % всей биомассы зообентоса). Возможно, это было связано с повышенным содержанием органического вещества, поступающего от отходов промысла, и большим количеством травмированных особей зообентоса, что создает дополнительную кормовую базу для хищных беспозвоночных. Повышенные значения биомассы в этом районе могут быть объяснены восстановлением за счет пополнения из прибрежных районов и участков с задёвистыми грунтами (Золотарев, 2016).

Прибрежный район не подвергался прессу дражного промысла гребешка вследствие большого перепада глубин и наличия задёвистых грунтов. Здесь средняя биомасса зообентоса была сравнима с ее значением в «южном» районе Святоносского поселения гребешка, но количественный состав сообществ в этих двух районах различался. В Прибрежном районе биомасса плотоядных организмов (гастропод, морских звезд) значительно меньше, чем в «южном», основу биомассы формировали губки и морской еж *E. esculentus*.

В районе Воронки Белого моря, характеризующемся относительно долгим, но прерывистым режимом использования, отмечалась максимальная биомасса зообентоса, образованная в основном за счет мидии *M. edulis*. Также здесь отмечались высокие биомассы морских звезд *A. rubens* и раков-отшельников *P. pubescens*.

Сокращение количества обитающих на дне особей объясняется как их гибелью непосредственно в ходе технологического процесса на промысловом судне, так и косвенно — из-за ухудшающихся условий среды обитания. Последнее выражается

в перепахивании тяжелыми драгами дна и взмучивании придонного слоя воды, из-за чего у фильтрующих воду видов грунтовой взвесью забиваются органы питания и дыхания, что влечет последующее ослабление организма, в свою очередь ведущее к заболеваниям и смерти животных.

Существенное уменьшение численности детритофагов-собирателей может быть связано с действием тяжелых драг на грунт (Lindeboom, De Groot, 1998; Jenkins et al., 2001). С одной стороны, при взмучивании осадка при существующих на Святоносском поселении сильных течениях хлопья детрита попадают в толщу воды, уносятся течением и оседают за многие мили от места драгирования (Jennings, Kaisers, 1998). С другой — драгировки приводят к перемешиванию грунта и проникновению органики в его толщу, с одновременным выносом минерализованных частиц на поверхность (Jennings, Kaisers, 1998; Kedra et al., 2017). Оба эти процесса сильно обедняют доступную для детритофагов-собирателей кормовую базу. Наблюдаемый рост встречаемости сестонофагов может быть связан с уменьшением конкуренции за ресурсы (пища и пространство) из-за снижения численности основного потребителя сестона — исландского гребешка. Происходит это вследствие улучшения для них трофических условий и освобождения ранее занятого гребешком пространства. Наилучшие условия для морских звезд, крабов и раков-отшельников (с избытком погибших и поврежденных особей донных видов) отмечались во второй половине 1990-х и начале 2000-х гг., когда вылов и количество драгирований были максимальными. Соответственно, численность плотоядных видов была наибольшей именно в эти годы. Так как донные биоценозы представляют собой сложившуюся систему, в которой виды сосуществуют в динамическом равновесии друг с другом и со средой обитания, серьезным фактором нарушения ее стабильности является существующий интенсивный промысел гребешка. При эксплуатации поселений гребешка происходит снижение численности донных животных, и изменяется их структура. Последнее имеет негативное влияние на восстановление запасов гребешка, так как его экологическая ниша замещается другими видами-сестонофагами.

### Заключение

За более чем четвертьвековой период промысла гребешка в южной части Баренцева моря и на прилегающих акваториях суммарная промысловая нагрузка на гребешковые банки составила более 50 тыс. часов драгировок. За это время численность донных беспозвоночных (без учета гребешка) в уловах снизилась практически на порядок, а запас самого гребешка уменьшился в 25 раз в сравнении с уровнем к началу промысла. Сообщества претерпели значительные структурные изменения: на Святоносском поселении до четверти общей биомассы стали составлять плотоядные организмы, выросла доля сестонофагов (в основном за счет губок и асцидий), занявших пищевую нишу исландского гребешка. Частичное восстановление численности зообентоса наблюдалось в южной части Святоносского поселения, по-видимому, за счет пополнения животными из не затронутых промыслом районов, например прибрежных вод и районов с задевшими грунтами. В северной части этого поселения наблюдались крайне низкие по сравнению с остальными районами биомассы зообентоса и гребешка. В Воронке Белого моря повышенные значения биомассы формировались в основном за счет поселений мидии. Можно предполагать, что на полное восстановление поселений исландского гребешка и сопутствующих сообществ зообентоса до нативного состояния может потребоваться не одно десятилетие.

### Список литературы

- Баканев С.В., Золотарев П.Н. Исследование динамики запаса исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом море с помощью продукционной модели // Вопр. рыб-ва. — 2015. — Т. 16, № 1. — С. 49–63.
- Близниченко Т.Э., Заферман М.Л., Оганесян С.А., Филин С.И. Исследования исландского гребешка Баренцева моря (методы, результаты, рекомендации) : моногр. — Мурманск : ПИНРО, 1995. — 72 с.

**Броцкая В.А., Зенкевич Л.А.** Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. — 1939. — Т. 4. — С. 5–126.

**Гудимова Е.Н.** Донные беспозвоночные Баренцева моря: ресурсы, перспективы использования, экология // Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX в. и перспективы. — Апатиты, 2004. — С. 42–52.

**Золотарев П.Н.** Биология и промысел исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом и Белом морях : моногр. — Мурманск : ПИНРО, 2016. — 288 с.

**Золотарев П.Н.** Влияние траллирующих орудий лова на смертность исландского гребешка в Баренцевом море // Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования : тез. докл. науч.-практ. конф. — Мурманск, 1997. — С. 57–58.

**Золотарев П.Н., Шевелева Г.К.** Российский промысел исландского гребешка в Баренцевом море // Рыб. хоз-во. — 2001. — № 2. — С. 21–22.

**Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики.** 2-е изд., испр. и доп. / отв. ред. М.С. Шевелев — М. : ВНИРО, 2004. — 300 с.

**Исследования ПИНРО в районе архипелага Шпицберген :** моногр. / отв. ред. М.С. Шевелев. — Мурманск : ПИНРО, 2004. — 414 с.

**Jenkins S.R., Beukers-Stewart B.D., Brand A.R.** Impact of scallop dredging on benthic megafauna: a comparison of damage levels in captured and non-captured organisms // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2001. — Vol. 215. — P. 297–301.

**Jennings S., Kaiser M.J.** The effects of fishing on marine ecosystems // Adv. Mar. Biol. — 1998. — Vol. 34. — P. 201–352.

**Kedra M., Renaud P.E., Andrade H.** Epibenthic diversity and productivity on heavily trawled Barents Sea bank (Tromsøflaket) // Oceanology. — 2017. — Vol. 59, Iss. 2. — P. 93–101. DOI: 10.1016/j.oceano.2016.12.001.

**Lindeboom H.J., De Groot S.J.** The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems : NIOZ Rapport. Netherlands Institute for Sea Research. — 1998. — RIVODLO Report C003/98. — 404 p.

## References

**Bakanev, S.V. and Zolotarev, P.N.,** Study of the Barents Sea iceland scallop *Chlamys islandica* stock dynamics using the analytical model, *Vopr. Rybolov.*, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 49–63.

**Bliznichenko, T.E., Zaferman, M.L., Oganessian, S.A., and Filin, S.I.,** *Issledovaniya island'skogo grebeshka Barentseva morya (metody, rezul'taty, rekomendatsii)* (Investigations of Icelandic Scallop of Barents Sea (Methods, Results, Recommendations)), Murmansk: PINRO, 1995.

**Brotskaya, V.A. and Zenkevich, L.A.,** Quantitative survey of the bottom fauna in the Barents Sea, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1939, vol. 4, pp. 5–126.

**Gudimova, E.N.,** Bottom invertebrates of the Barents Sea: Resources, prospects of use, and ecology, *Prirodopol'zovanie v Evro-Arkticheskom regione: opyt XX v. i perspektivy* (Nature Management in the Euro-Arctic Region: The Experience of the 20<sup>th</sup> Century and the Prospects), Apatity: Kol'sk. Nauchn. Tsentr Ross. Akad. Nauk, 2004, pp. 42–52

**Zolotarev, P.N.,** *Biologiya i promysel island'skogo grebeshka Chlamys islandica v Barentsevom i Belom moryakh* (Biology and Harvesting of the Icelandic Scallop *Chlamys islandica* in the Barents and White Seas), Murmansk: PINRO, 2016.

**Zolotarev, P.N.,** Impact of trawling gears on the mortality of the Iceland scallop in the Barents Sea, in *Tezisy dokl. nauchno-prakt. konf. "Netraditsionnye ob'ekty morskogo promysla i perspektivy ikh ispol'zovaniya* (Proc. Sci.-Pract. Conf. "Non-Traditional Marine Fisheries and Prospects of Their Use), Murmansk, 1997, pp. 57–58.

**Zolotarev, P.N. and Sheveleva, G.K.,** Russian fishery for Iceland scallop in the Barents Sea, *Rybn. Khoz.*, 2001, no. 2, pp. 21–22.

**A study of ecosystems in fishery water areas, collection and processing of data on aquatic biological resources, and techniques and technology for their harvesting and processing,** in *Instruktsii i metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke biologicheskoi informatsii v moryakh Evropeiskogo Severa i Severnoi Atlantiki* (Instructions and Methodical Recommendations for the Collection and Processing of Biological Information in the Seas of the European North and North Atlantic), Shevelev, M.S., ed., Moscow: VNIRO, 2004, 2<sup>nd</sup> ed., no. 1.

***Issledovaniya PINRO v raione arhipelaga Shpitsbergen (Studies Conducted by PINRO in the Waters off the Svalbard Archipelago)***, Shevelev, M.S., ed., Murmansk: PINRO, 2004.

**Jenkins, S.R., Beukers-Stewart, B.D., and Brand, A.R.**, Impact of scallop dredging on benthic megafauna: a comparison of damage levels in captured and non-captured organisms, *Mar. Ecol.: Prog. Ser.*, 2001, vol. 215, pp. 297–301.

**Jennings, S. and Kaiser, M.J.**, The effects of fishing on marine ecosystems, *Adv. Mar. Biol.*, 1998, vol. 34, pp. 201–352.

**Kedra M., Renaud, P.E., and Andrade, H.**, Epibenthic diversity and productivity on heavily trawled Barents Sea bank (Tromsøflaket), *Oceanology*, 2017, vol. 59, no. 2, pp. 93–101. doi 10.1016/j.oceano.2016.12.001

**Lindeboom, H.J. and de Groot, S.J.**, *Impact-II: The Effects of Different Types of Fisheries on the North Sea and Irish Sea Benthic Ecosystems*, NIOZ-Rapport, Den Burg, the Netherlands: Neth. Inst. Sea Res., 1998, no. C003/98.

*Поступила в редакцию 9.06.18 г.*

*Принята в печать 13.07.18 г.*