

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**УДК 591.9:574.587(265.5)****В.П. Шунтов, И.В. Волвенко***

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ОЦЕНКИ СОСТАВА,
КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И БИОМАССЫ
МАКРОФАУНЫ БЕНТАЛИ НА ШЕЛЬФЕ И СВАЛЕ ГЛУБИН
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ**

Обобщается количественная информация по «траловой» донной макрофауне шельфа и свала глубин до 2025 м дальневосточных российских и сопредельных северокорейских и японских вод (около 2 млн км²). Полученная база данных основана на уловах 32,7 тыс. донных тралений в 224 экспедициях в период 1977–2010 гг. Общая среднемноголетняя биомасса макрофауны оценена в 38640 тыс. т, из которых 21804 тыс. т пришлось на рыб и круглоротых, 16896 тыс. т — на беспозвоночных. По биомассе основные районы российских вод ранжируются в следующем порядке: Охотское море (22543 тыс. т) — Берингово море (8186 тыс. т) — тихоокеанские воды Камчатки (3744 тыс. т) — океанические воды Курильских островов (2784 тыс. т) — Японское море (1383 тыс. т). Приоритет Охотского и Берингова морей в основном связан с обширностью их площадей. По плотности концентраций те же районы ранжируются в ином порядке: восточнокамчатский район (64,5 т/км², без медуз 25,7 т/км²) — океанические воды Курильских островов (27,1 т/км²) — Берингово море (24,5 т/км²) — Охотское море (16,5 т/км²) — Японское море (11,7 т/км²). По биомассе рыб и головоногих в бентали: Охотское море (13,8 млн т) — Берингово море (4,6 млн т) — океанические воды Курильских островов (2,7 млн т) — восточнокамчатский район (1,4 млн т) — Японское море (0,9 млн т), а по плотности концентраций: океанические воды Курильских островов (26,5 т/км²) — восточнокамчатский район (23,6 т/км²) — Берингово море (13,9 т/км²) — Охотское море (10,1 т/км²) — Японское море (7,4 т/км²). Наиболее заселенными по плотности концентраций являются районы с узкими шельфами и резким переходом в крутой и сложный по рельефу свал глубин. Последнее место Японского моря и по биомассе, и по плотности концентраций, по-видимому, во многом связано с пониженным биогенным фоном его вод.

Ключевые слова: макрофауна, биомасса, пространственное распределение, эпипелагиаль, мезопелагиаль, бенталь, шельф, свал глубин, северо-западная Пацифика.

Shuntov V.P., Volvenko I.V. Generalized assessments of composition, quantitative distribution and biomass of benthic macrofauna on the shelf and slope in the North-West Pacific // *Izv. TINRO.* — 2015. — Vol. 182. — P. 3–22.

Quantitative information on the bottom macrofauna of the continental shelf and slope down to the depth 2025 m is generalized for the Far East of Russia and the adjacent waters of North Korea and Japan (in total 32,700 bottom trawls obtained in 224 expeditions over the

* Шунтов Вячеслав Петрович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: cheblukova@tinro.ru; Волвенко Игорь Валентинович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией, e-mail: volvenko@tinro.ru.

Shuntov Vyacheslav P., D.Sc., professor, chief researcher, e-mail: cheblukova@tinro.ru; Volvenko Igor V., D.Sc., head of laboratory, e-mail: volvenko@tinro.ru.

area about 2 million km² in 1977–2010). The total mean biomass of macrofauna is estimated as 38.64 million tons including $21.8 \cdot 10^6$ t of fish and cyclostomes and $16.9 \cdot 10^6$ t of invertebrates: $22.5 \cdot 10^6$ t in the Okhotsk Sea, $8.2 \cdot 10^6$ t in the Bering Sea, $3.7 \cdot 10^6$ t in the Pacific waters of Kamchatka, $2.8 \cdot 10^6$ t in the Pacific waters of Kuril Islands, and $1.4 \cdot 10^6$ t in the Japan Sea. The Okhotsk and Bering Seas have the higher biomass mainly because of their vast areas, but the density of macrofauna is ranked in other order: the Pacific waters of Kamchatka (64.5 t/km², without jellyfishes — 18.7 t/km²) — Pacific waters of Kuril Islands (27.1 t/km²) — Bering Sea (24.5 t/km²) — Okhotsk Sea (16.5 t/km²) — Japan Sea (11.7 t/km²). The total biomass of fish and cephalopods at the sea bottom is the following: $13.8 \cdot 10^6$ t in the Okhotsk Sea, $4.6 \cdot 10^6$ t in the Bering Sea, $2.7 \cdot 10^6$ t in the Pacific waters of Kuril Islands, $1.4 \cdot 10^6$ t in the Pacific waters of Kamchatka, and $0.9 \cdot 10^6$ t in the Japan Sea, and their density is: 26.5 t/km² in the Pacific waters of Kuril Islands, 23.6 t/km² in the Pacific waters of Kamchatka, 13.9 t/km² in the Bering Sea, 10.1 t/km² in the Okhotsk Sea, and 7.4 t/km² in the Japan Sea. The areas with narrow shelves and sharp slopes, steep and patchy relief, are usually denser populated. However, the Japan Sea has the lowest biomass and density of benthic macrofauna, possibly because of lower productivity.

Key words: macrofauna, total biomass, population density, spatial distribution, epipelagic layer, mesopelagic layer, sea bottom, continental shelf, continental slope, North-West Pacific.

Введение

С 1980 г. в экспедиционные планы ТИНРО ежегодно стали включать экосистемные съемки для комплексного изучения биологических ресурсов дальневосточных российских вод. В дальнейшем комплексный подход, подразумевающий выполнение гидрологических, гидробиологических и трофологических съемок параллельно с траловыми (т.е. синхронно на одном судне), а также тотальную идентификацию и количественный учет абсолютно всех гидробионтов, встречающихся в уловах, был перенесен и на «объектные» (минтайные, лососевые, камбальные, крабовые и др.) экспедиции. В результате уже к началу текущего столетия в базах данных пелагических (Волвенко, 2004, 2007, 2014а; Волвенко, Кулик, 2011) и донных (Волвенко, 2014б) траловых станций накопился большой объем первичной количественной информации о зоопланктоне, зообентосе, нектоне и нектобентосе, пригодной не только для прикладных биоресурсных, но и для фундаментальных экологических, биогеографических и прочих исследований. По ним уже изданы справочники с сотнями таблиц встречаемости, численности, биомассы и соотношения видов нектона (Нектон ..., 2003–2006), всей траловой макрофауны пелагиали (Макрофауна ..., 2012а–в) и бентали (Макрофауна ..., 2014а–д), где данные обобщались по стандартным районам, сезонам и периодам лет.

С использованием этих справочников и иных литературных сведений (Шунтов, Темных, 2008, 2011; Шунтов и др., 2010) были сформулированы представления о составе и структуре нектонных сообществ, их сезонной многолетней динамике в различных районах дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. Также были сделаны среднегодовые оценки биомассы и плотности концентраций нектона в различных районах и ранжирование их по этим показателям (Шунтов, 2012). При этом по биомассе обитателей эпипелагиали (глубины 0–200 м) районы российских вод выстраивались в следующем порядке: Охотское море (32,2 млн т) — прикурильские воды (27,0 млн т) — западная часть Берингова моря (11,2 млн т) — океанические воды Камчатки (7,2 млн т) — российская часть Японского моря (3,7 млн т), а по плотности концентраций: прикурильские воды (24 т/км²) — Охотское море (21 т/км²) — западная часть Берингова моря (16 т/км²) — океанические воды Камчатки (14 т/км²) — российская часть Японского моря (9 т/км²).

В настоящем сообщении аналогичным образом систематизируются и ранжируются данные по донной и придонной макрофауне дальневосточных российских вод.

Материалы и методы

Новая база данных (Волвенко, 2014б) содержит информацию об уловах 32,7 тыс. донных тралений, выполненных в 1977–2010 гг. в 224 экспедициях на шельфе и свале

глубин до 2025 м, где зафиксировано 1448 видов гидробионтов, из которых 960 пришлось на долю нектобентоса (в том числе 833 вида рыб), 469 — бентоса и 19 — медуз и гребневики.

Методика проведения и обработки данных донных траловых съемок подробно описана в справочниках по макрофауне бентали (Макрофауна ..., 2014а–д). Здесь только еще раз отметим, что в экспедициях ТИНРО при разборе уловов в обязательном порядке определялись число экземпляров и биомасса для каждого вида или таксономической группы. В таблицах и на рисунках все виды объединены, как и в справочниках, по следующим группам: рыбы и круглоротые, головоногие, брюхоногие, двустворчатые моллюски, креветки и шримсы, крабы и крабоиды, морские ежи, голотурии, медузы и гребневики, прочие беспозвоночные. В группу «прочие» входят: офиуры, морские звезды, перья и лилии, губки, актинии, асцидии, кораллы, полихеты, усоногие раки, раки-отшельники и др.

Расчет обилия представителей этих групп для таблиц выполнен в основном по ранее описанным методикам (см.: Макрофауна ..., 2014а–д). Однако здесь мы использовали все имеющиеся данные, даже собранные на тех участках (рис. 1), где было выполнено менее 10 тралений, и они вошли в суммарные величины выборок, полученных при дальнейшей группировке данных по водоемам и диапазонам глубин. Поэтому в ячейках итоговых таблиц даны значения плотности, средневзвешенные по площади дна каждого участка, относящегося к данному диапазону и водоему. Абсолютные значения биомассы получены произведением этой средневзвешенной плотности на площадь обследованной акватории. Карты пространственного распределения плотности различных групп бентоса и нектобентоса построены теми же методами, что и ранее для макрофауны пелагиали (см., напр.: Волвенко, 2004, 2007).

Необходимо отметить некоторые недостатки использованных при этом первичных данных.

К сожалению, учет донных беспозвоночных, в отличие от рыб, проводился только в 130 экспедициях — в 21,2 тыс. тралений (Волвенко, 2014б). Конечно, это отрицательно отразилось на точности оценок их обилия. Следует также подчеркнуть, что донные тралы не являются хорошим орудием учета мелких видов нектобентоса и таких чисто донных беспозвоночных, как морские ежи, голотурии, брюхоногие и двустворчатые моллюски, особенно в тех случаях, когда применяется «тяжелое» оснащение нижней подборы траля, при этом занижение плотности концентраций нектобентоса неизбежно. Однако для сравнительного межрегионального анализа собранная информация вполне приемлема.

Заметим также, что по принятым нами методикам для всех видов рыб и беспозвоночных применялись коэффициенты уловистости. Их величины указываются во всех таблицах справочников (Макрофауна ..., 2014а–д) и, в зависимости от размеров и поведения гидробионтов, укладываются в диапазон 0,01–0,50. В значительной степени поправки на уловистость носят экспертный характер, их применение одобряется далеко не всеми специалистами, но при межрегиональном, сезонном и межгодовом анализе этот методический аспект не является значительным препятствием для сопоставления и ранжирования районов.

Результаты и их обсуждение

Донные биотопы в различных районах дальневосточных российских вод имеют разные размеры и конфигурации (рис. 1). Их суммарная площадь составляет около 2,0 млн км² (табл. 1)*.

Даже при беглом взгляде на контуры морского дна на рис. 1 хорошо видно особое положение и большие отличия донного рельефа Охотского моря от рельефа северной части Японского, западной части Берингова морей и тем более от прикурильского и восточнокамчатского океанических районов.

* Для сравнения база данных по макрофауне пелагиали включает материалы, собранные с площади более 6 млн км² (Волвенко, Кулик, 2011).

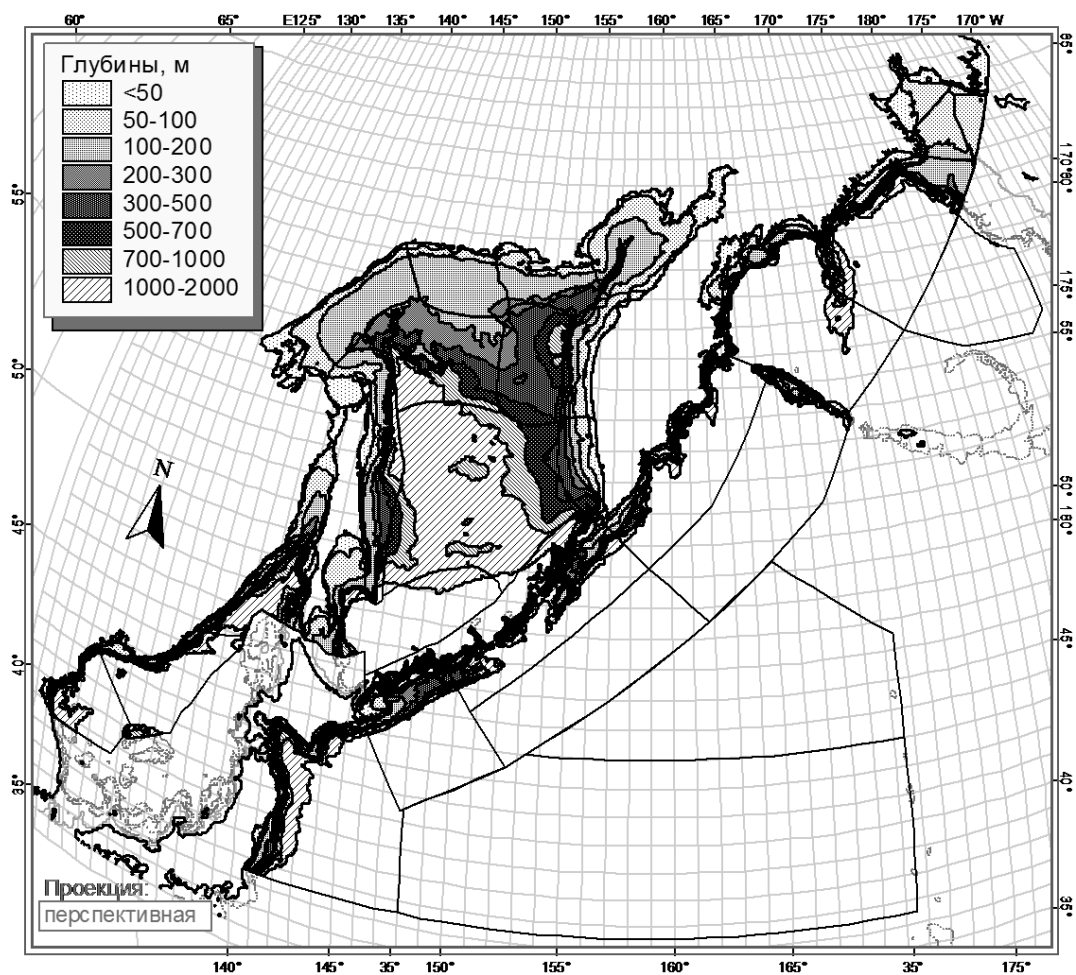


Рис. 1. Участки, образованные пересечением 8 батиметрических диапазонов с 48 стандартными районами осреднения биостатистической информации для планктона и нектона (Волвенко, 2014б)

Fig. 1. Sections formed by crossing of 8 bathymetric zones with 48 biostatistical areas (from: Волвенко, 2014б)

Таблица 1
Площадь поверхности дна различных районов дальневосточных российских вод, тыс. км² (Макрофауна ..., 2014а–д)

Table 1
Bottom area for the regions in the waters of Far East of Russia, 10³ km² (from: Макрофауна ..., 2014а–д)

Район	Диапазон глубин, м				Всего
	< 200	200–500	500–1000	1000–2000	
Охотское море	614,8	231,4	221,7	306,9	1374,8
Берингово море	249,2	17,4	24,6	46,4	337,6
Японское море	83,3	17,7	26,2	39,0	166,2
Тихоокеанские воды Камчатки (67,7*) и Курильских островов (101,2*)	61,4	38,0	27,1	42,4	168,9
Всего	1008,7	304,5	299,6	434,7	2047,5

* Общая площадь поверхности дна, тыс. км².

Для северной части Охотского моря характерны обширные и пологие шельф и свал глубин. Большинство других районов имеют крутой и пересеченный свал глубин и в основном узкие шельфы. Хотя на этом общем фоне исключение представляют в

Беринговом море заливы Анадырский, Карагинский и Олюторский, на юге Охотского моря — заливы Терпения и Анива, в Японском море — зал. Петра Великого и север Татарского пролива, у восточной Камчатки — заливы Камчатский, Кроноцкий, Авачинский, а у Курильских островов — северокурильское (оно простирается также вдоль юго-восточного побережья Камчатки) и южнокурильское мелководья.

Центральное положение в дальневосточных российских водах (т.е. у побережья Северо-Восточной Азии) занимают шельф и свал глубин Охотского моря (рис. 1). Это море далеко вдается в сильно охлаждающийся зимой евразийский материк. На его долю приходится около двух третей дна всех районов Дальнего Востока с глубинами до 2 км (табл. 1). Данные обстоятельства во многом и предопределили то, что это море стало одним из важных центров видовой радиации и формирования холодолюбивой ихтиофауны, в том числе вторичноглубоководных рыб (Шмидт, 1950).

В целом для всего Дальневосточного региона площади шельфа и свала глубин до 2 км примерно одинаковы — их отношение составляет 49 к 51 %. Однако такие соотношения, подсчитанные для разных районов, значительно отличаются друг от друга: в тихоокеанских водах — 36 к 64 %, в Охотском море — 45 к 55, в северной части Японского моря — 50 на 50, в западной части Берингова моря — 74 к 26 %*. Переход от шельфа к свалу глубин во всех районах довольно резкий, поэтому площадь участка между изобатами 200 и 500 м гораздо меньше размеров шельфа (между изобатами 0 и 200 м) и свала глубин (между изобатами 500 и 2000 м) (табл. 1). Отмеченные особенности рельефа имеют большое значение для вертикального перемешивания и горизонтальной динамики вод, формирования круговоротов, осадконакопления, а также переноса и накопления в локальных участках планктона. В конечном счете это отражается на составе и общем количестве нектона и нектобентоса.

По среднемноголетним данным, в биомассе донной «траловой» макрофауны не много более половины приходится на рыб и рыбообразных — около 56 % (табл. 2). Заметно выбивается из общего ряда (54–63 %) их доля в водах тихоокеанского побережья Камчатки — 32 %. Это, однако, не свидетельствует о значительной специфичности нектобентоса данного района. Пониженный уровень рыбной составляющей здесь всецело связан с высокими концентрациями на шельфе медуз (60,7 %, более 2,27 млн т). К сожалению, в рассматриваемом районе съемки выполнялись только в 1980-е гг. (Волвенко, 2014б), и в сентябре 1986 г. на глубинах 40–150 м между 51°17' и 53°30' с.ш. было получено несколько рекордных уловов сцифоидных медуз (*Scyphozoa*) — по 0,8–12,0 т за 1 час траления. Скорее всего, регулярных и столь значительных скоплений медуз здесь не бывает. Эта ситуация напоминает разовый резкий подъем их количества (миллионы тонн), отмеченный при донной траловой съемке на восточноберинговоморском шельфе в 2000 г. (Brodeur et al., 2008). По результатам более регулярных пелагических съемок восточнокамчатский район повышенными концентрациями желетелых не выделяется (Шунтов, 2010; Заволокин, 2011).

Основная масса рыб и донных беспозвоночных концентрируется в Беринговом, Охотском и частично в Японском морях. Напротив, общая биомасса головоногих выше в океанических водах (табл. 2). Вообще же обилие и плотность концентраций различных групп нектобентоса по районам и диапазонам глубин имеет свои особенности. Хотя при сопоставлении генерализованных схем по всей макрофауне, рыбам и круглоротым, а также всем беспозвоночным (рис. 2–4) видны некоторые черты сходства между ними. При очевидных различиях у всех этих сборных групп просматриваются примерно одни и те же районы наиболее значительных концентраций, а также и наименее заселенные районы.

Суммарная биомасса макрофауны бентали в Охотском море достигает 22,543 млн т, в Беринговом море — 8,186, в районе восточной Камчатки — 3,744 (2,274 млн т медузы), в прикурильских водах — 2,784, в Японском море — 1,383 млн т

* Для Берингова моря в целом такое соотношение составляет 44 к 56 %, а для Японского — 47 к 53 %, т.е. почти аналогично Охотскому морю (Моисеев, 1969).

Среднемноголетняя биомасса (тыс. т) и соотношение различных групп «траловой» макрофауны бентали в дальневосточных российских водах

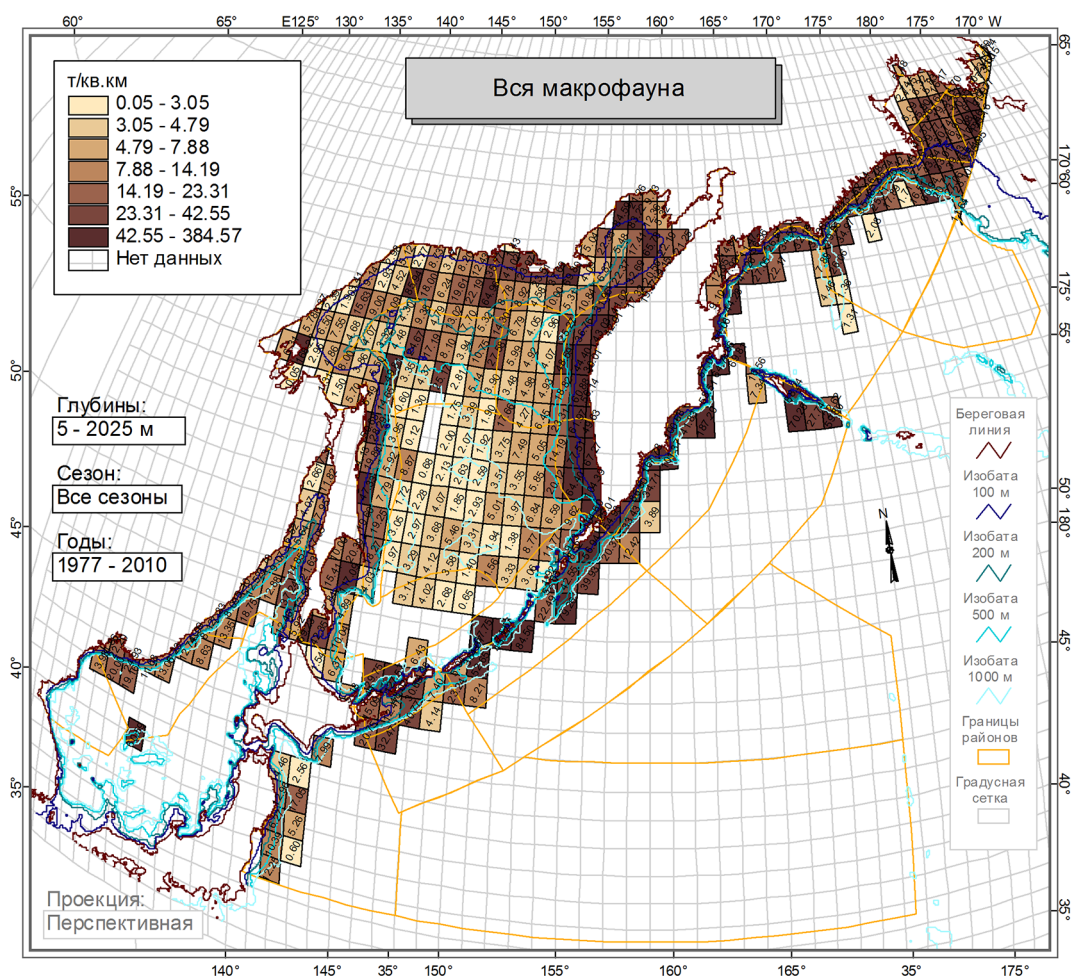


Рис. 2. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение всей макрофауны бентали в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 2. Total density of benthic macrofauna in the waters of Far East of Russian, t/km² (1977–2010)

Таблица 3

Плотность концентраций траловой макрофауны в бентали на разных глубинах, т/км²

Table 3

Population density of bottom macrofauna (t/km²), by depth

Район	Диапазон глубин, м				Всего
	< 200	200–500	500–1000	1000–2000	
Берингово море	27,1	32,3	24,5	7,2	24,5
Охотское море	27,8	13,3	5,7	3,9	16,5
Японское море	9,8	15,2	11,2	Н.д.	11,7
Тихоокеанские воды Камчатки	121,6	31,5	16,6	7,7	64,5 (без медуз 25,7)
Тихоокеанские воды Курильских островов	28,3	41,4	16,7	17,7	27,1

Примечание. Н.д. — нет данных.

казательно рассматриваемые районы ранжируются почти в той же очередности, что и по биомассе всей макрофауны. Лишь восточнокамчатский и прикурильский районы при этом поменялись местами (табл. 3, 4). По плотности концентраций рыб (табл. 4) районы ранжируются в той же последовательности, что и по всей макрофауне: восточнокамчатский — прикурильский — Берингово море — Охотское море — Японское море. Что касается распределения рыб по батиметрическим диапазонам глубин, то в

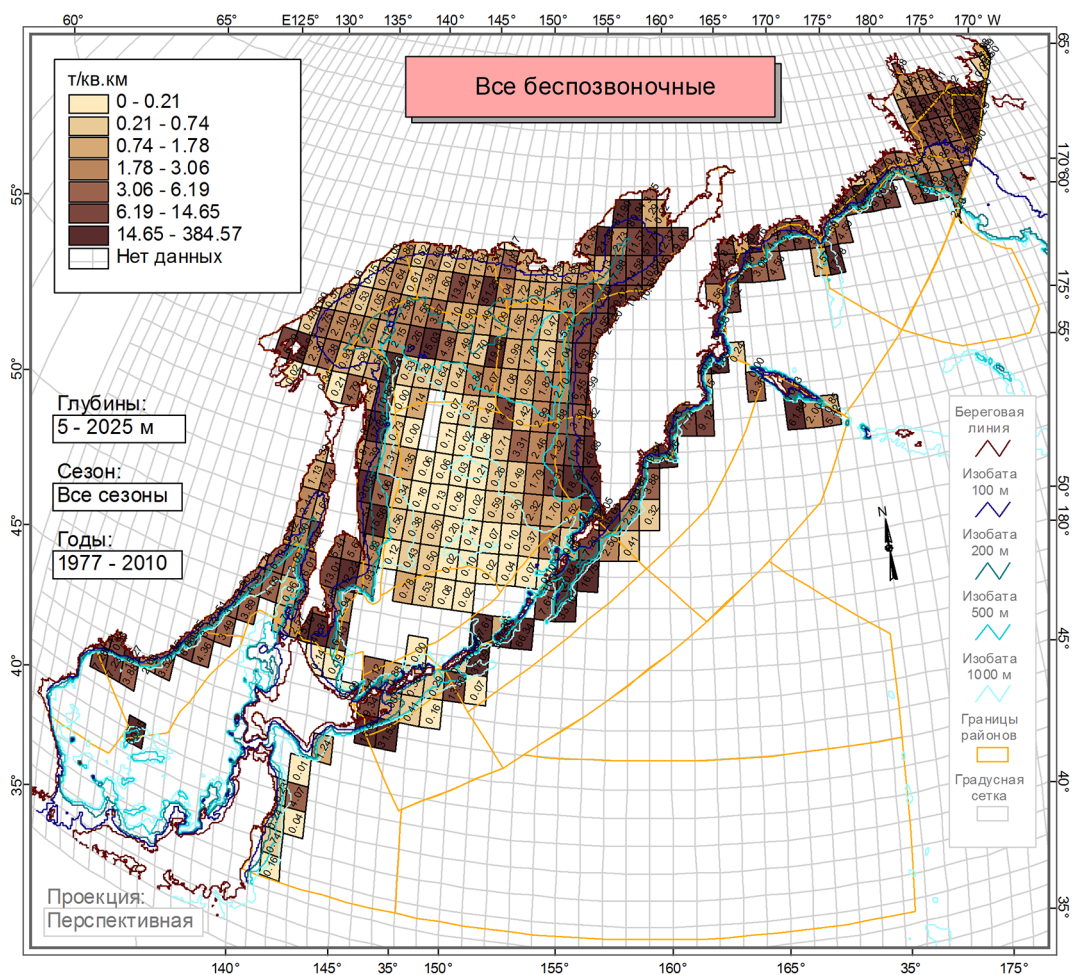


Рис. 3. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение всех беспозвоночных в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 3. Total density of benthic invertebrates in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

большинстве районов, кроме Охотского моря, верхняя часть свала глубин (200–500 м) также выделяется повышенными концентрациями. Но, как и в случае со всей макрофауной, разница в плотности населения этого диапазона глубин и шельфа в целом не очень значительна (табл. 4).

Таблица 4

Плотность концентраций рыб и круглоротых в бентали на разных глубинах, т/км²

Table 4

Population density of benthic fish and cyclostomes (t/km²), by depth

Район	Диапазон глубин, м				Всего
	< 200	200–500	500–1000	1000–2000	
Берингово море	14,6	19,3	14,4	5,7	13,6
Охотское море	15,8	8,6	4,0	3,4	9,9
Японское море	5,8	9,6	3,6	Н.д.	5,9
Тихоокеанские воды Камчатки	26,9	26,9	14,7	7,4	20,6
Тихоокеанские воды Курильских островов	18,5	21,9	9,5	15,7	17,1

Как замечено выше, в описанную схему количественного распределения биоты в бентали по регионам и вертикальным зонам вписываются не все группы животных. В

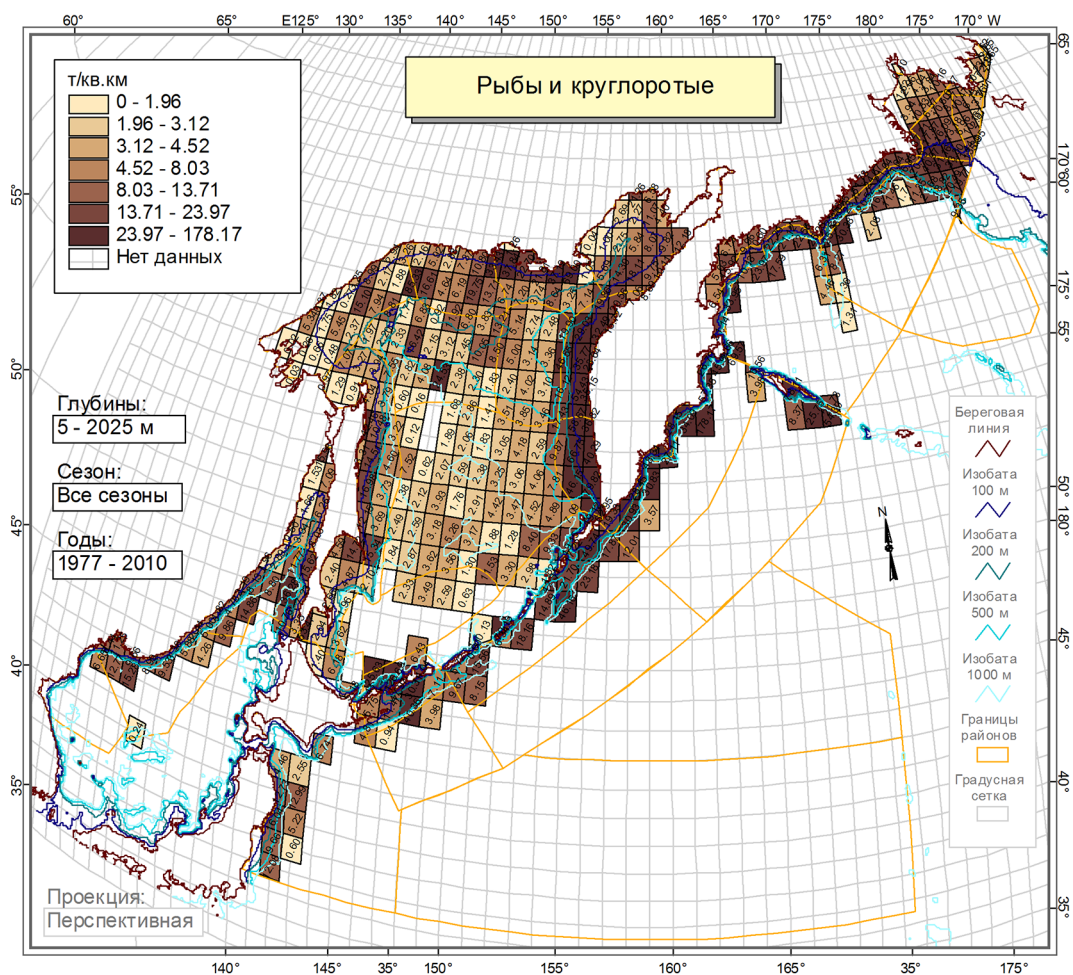


Рис. 4. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение рыб и круглоротых в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 4. Total density of benthic fish and cyclostomes in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

большинстве районов на шельфе мало кальмаров — наиболее многочисленных представителей головоногих моллюсков (рис. 5, табл. 5).

Таблица 5

Плотность концентраций головоногих в бентали на разных глубинах, т/км²

Table 5

Population density of benthic cephalopods (t/km²), by depth

Район	Диапазон глубин, м				Всего
	< 200	200–500	500–1000	1000–2000	
Берингово море	0,1	2,8	0,6	0,5	0,3
Охотское море	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2
Японское море	0,1	0,4	8,5	Н.д.	1,6
Тихоокеанские воды Камчатки	5,4	3,0	1,0	0,1	3,0
Тихоокеанские воды Курильских островов	8,2	17,8	7,1	1,8	9,0

Тяготение большей части видов и особей кальмаров к глубоководным районам является известным фактом как для пелагиали, так и для придонных биотопов. Однако в некоторых районах с узкими шельфами они многочисленны и в пелагиали, и у дна. В

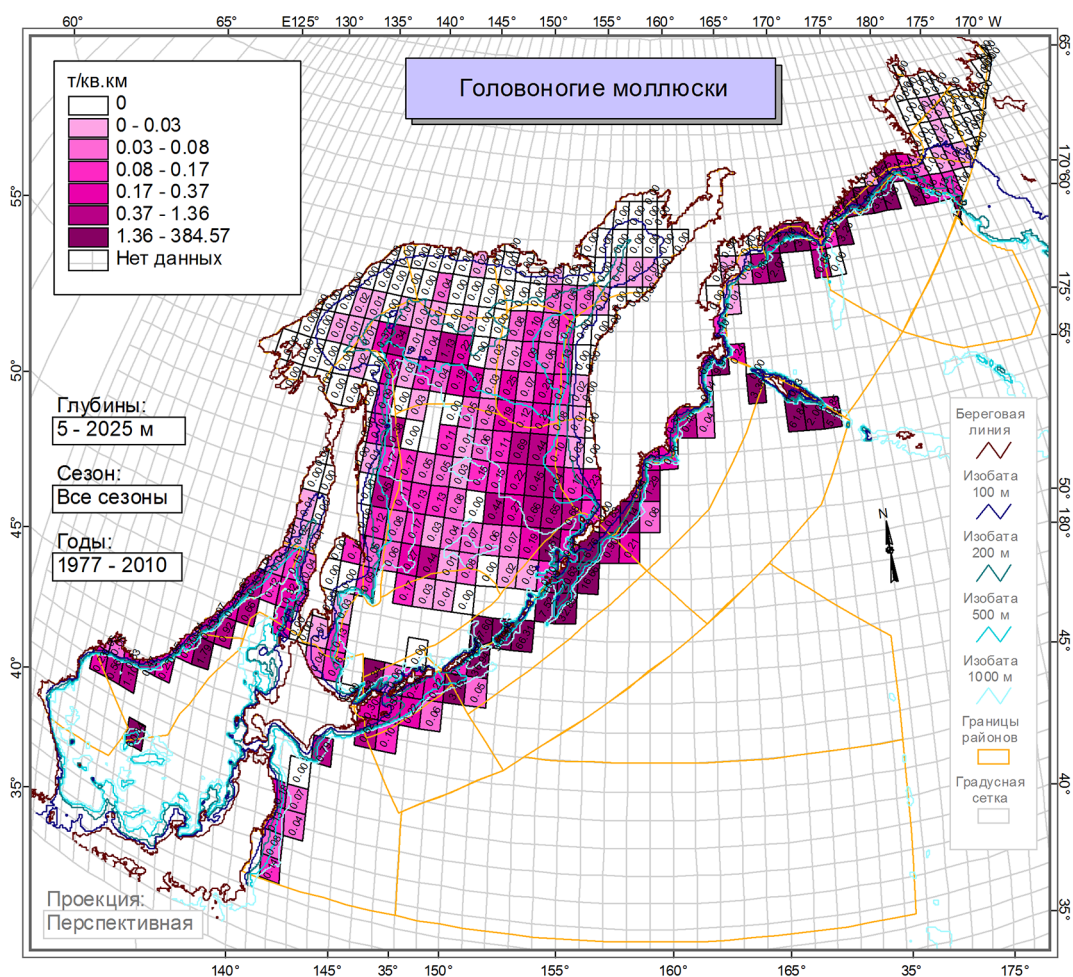


Рис. 5. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение головоногих в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 5. Total density of benthic cephalopods in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

этом смысле особенно выделяются прикамчатские и прикурильские океанические районы (табл. 5). Кстати, из всех 1,664 млн т головоногих 55 % (0,922 млн т) пришлось на прикурильские воды.

В пелагиали обитают и молодь, и половозрелые особи пелагических видов кальмаров, а также молодь придонных видов (Нектон ..., 2003–2006; Макрофауна ..., 2012а–в), половозрелые особи которых тяготеют к бентали. В районах их наибольших концентраций (тихоокеанские воды Камчатки и Курильских островов, западная часть Берингова моря) наиболее многочислен командорский кальмар *Berryteuthis magister*. Это, в частности, подтверждается многолетним успешным донным траловым промыслом указанного вида (в 2014 г. его здесь поймано более 100 тыс. т).

Большая часть крабов и крабоидов сосредоточена в районах с обширными шельфами и свалами глубин (рис. 6): из общей биомассы 1,05 млн т на долю Охотского и Берингова морей пришлось 0,951 млн т (соответственно 0,736 и 0,215 млн т).

Однако плотность концентраций по всем районам за исключением прикурильских вод варьировала не сильно — в пределах 0,5–0,7 т/км² (табл. 6). Во всех случаях (опять же за исключением прикурильских вод) наибольшие концентрации крабов и крабоидов тяготеют к шельфам (табл. 6). Вместе с тем во всем обследованном диапазоне свала глубин эти ракообразные — *Chionoecetes opilio*, *C. japonicus*, *C. bairdi*, *C. angulatus* и *Lithodes aequispina* — обычны. Заметим также, что в рос-

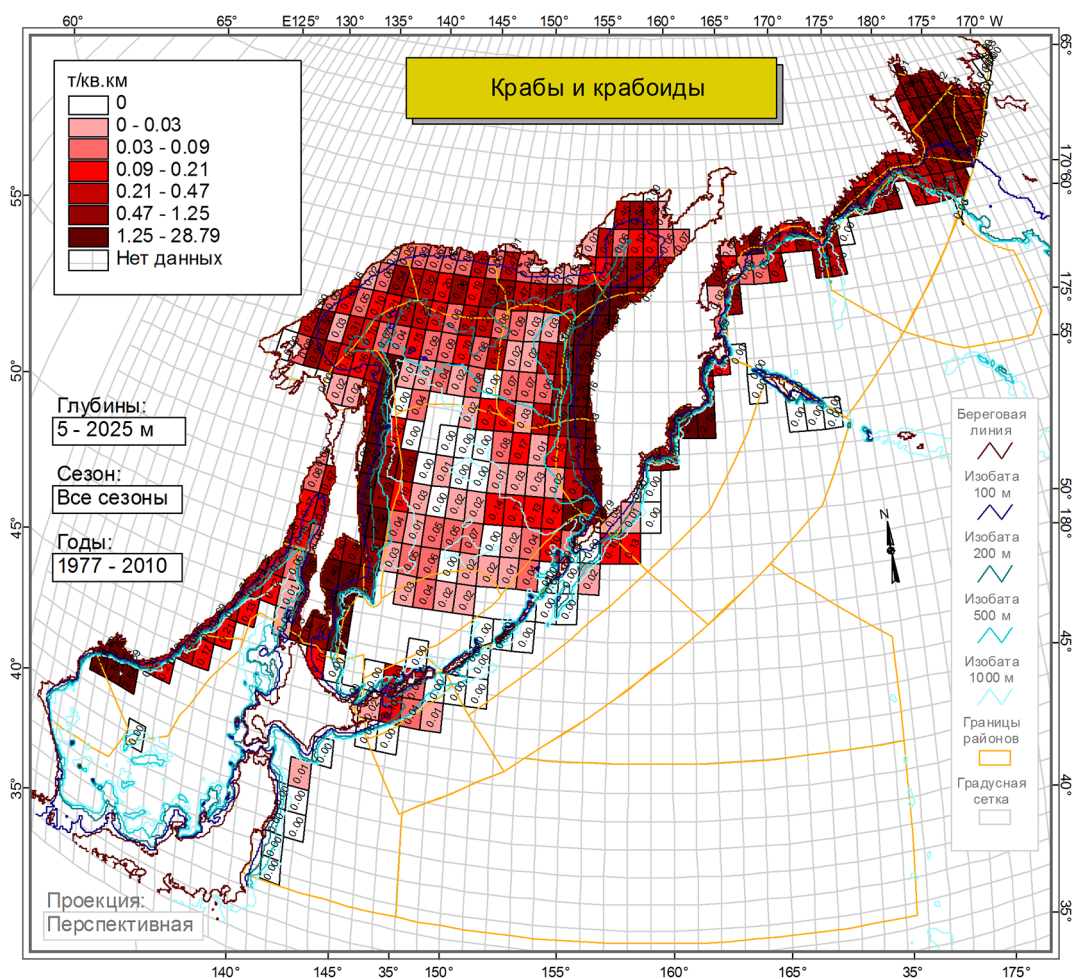


Рис. 6. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение крабов и крабоидов в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 6. Total density of crabs in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

сийских, корейских и японских водах Японского моря промысловики успешно облавливают красного (японского) стригуна ловушками и на глубинах более 1000 м, где глубоководные донные траления не всегда дают адекватную оценку обилия крабов и крабоидов.

Таблица 6

Плотность концентраций крабов и крабоидов в бентали на разных глубинах, т/км²

Table 6

Population density of crabs (t/km²), by depth

Район	Диапазон глубин, м				
	< 200	200–500	500–1000	1000–2000	Всего
Берингово море	0,8	0,1	0,3	0,4	0,7
Охотское море	1,0	0,4	0,2	0,1	0,5
Японское море	0,7	0,1	< 0,1	Н.д.	0,6
Тихоокеанские воды Камчатки	1,1	< 0,1	0,5	0,2	0,6
Тихоокеанские воды Курильских островов	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1

Распределение крабов и крабоидов в общих чертах сходно с распределением креветок и шримсов (рис. 7), но общее количество последних в донных биотопах примерно в три раза меньше (см. табл. 2).

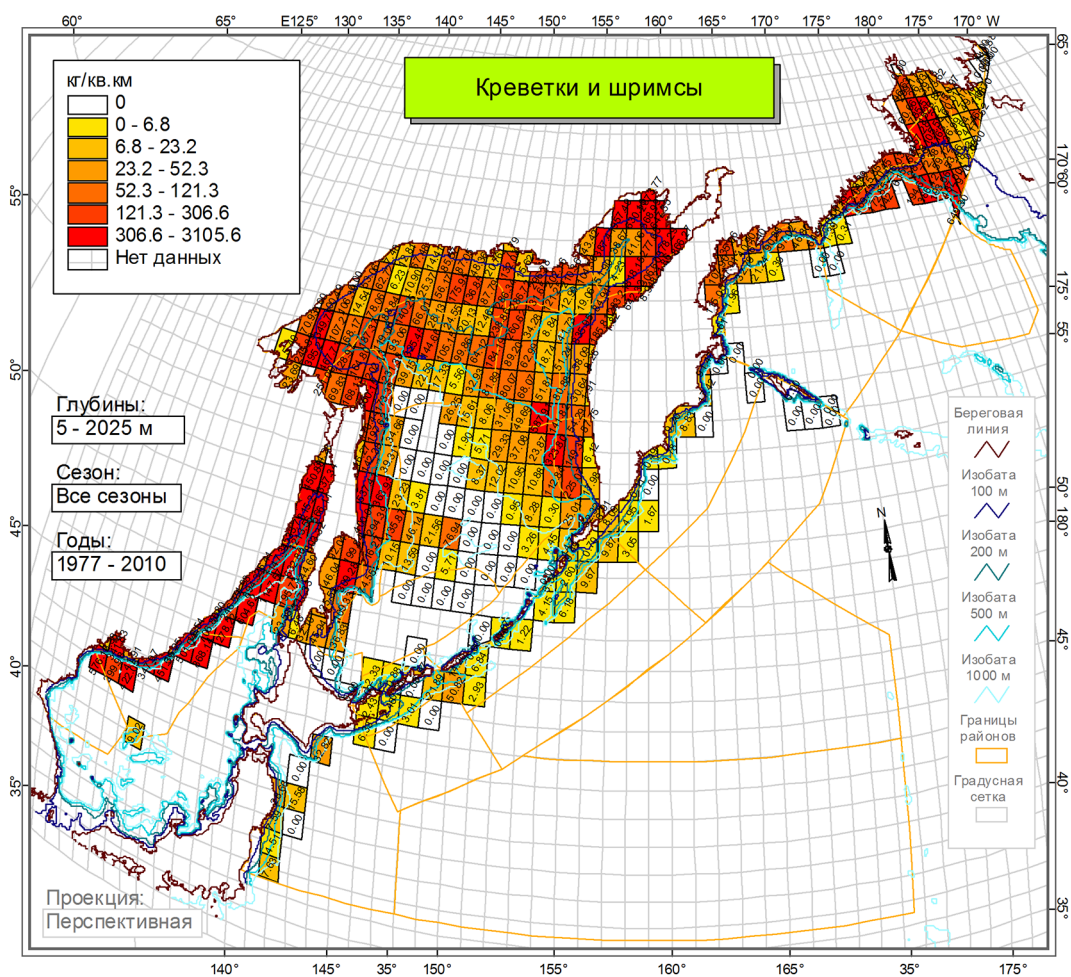


Рис. 7. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение креветок и шримсов в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 7. Total density of benthic shrimps and prawns in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

Основная масса брюхоногих и двустворчатых моллюсков сосредоточена в морях (рис. 8 и 9). Наиболее высокая плотность концентраций первых наблюдается на шельфе Берингова (0,13 т/км²) и Охотского (0,23 т/км²) морей, а также на глубинах 200–500 м (0,27 т/км²) в Беринговом море, вторых — на шельфе Охотского (0,50 т/км²) и Японского (0,20 т/км²) морей, а в Беринговом море (0,13–0,17 т/км²) и в восточнокамчатском районе (0,20–1,60 т/км²) — на глубинах 200–1000 м.

Морские ежи наиболее многочисленны в Беринговом море (табл. 2, рис. 10). Наибольшие концентрации они образуют на шельфе восточнокамчатского района (3,1 т/км²) и в Беринговом море (1,3 т/км²). Большая часть голотурий сосредоточена в Охотском море (табл. 2, рис. 11), а по плотности концентраций выделяются шельф Японского моря (0,4 т/км²), а также шельф и свал глубин Охотского моря (0,3–0,9 т/км²).

Из 3,6 млн т сцифоидных и гидроидных медуз большая часть (3,2 млн т) пришлось на Охотское море и восточнокамчатский район (табл. 2). Выше уже отмечалось, что в последнем районе оценка их обилия, скорее всего, завышена. В этих двух районах и плотность концентраций, и общая биомасса наиболее высоки на шельфе. Но в Беринговом и Японском морях, а также в прикурильских водах плотность на свале глубин имела сопоставимые показатели: 0,5–1,6 и 0,2–1,6 т/км². Как видно на рис. 12, по обилию медуз выделяются воды с обеих сторон Камчатки

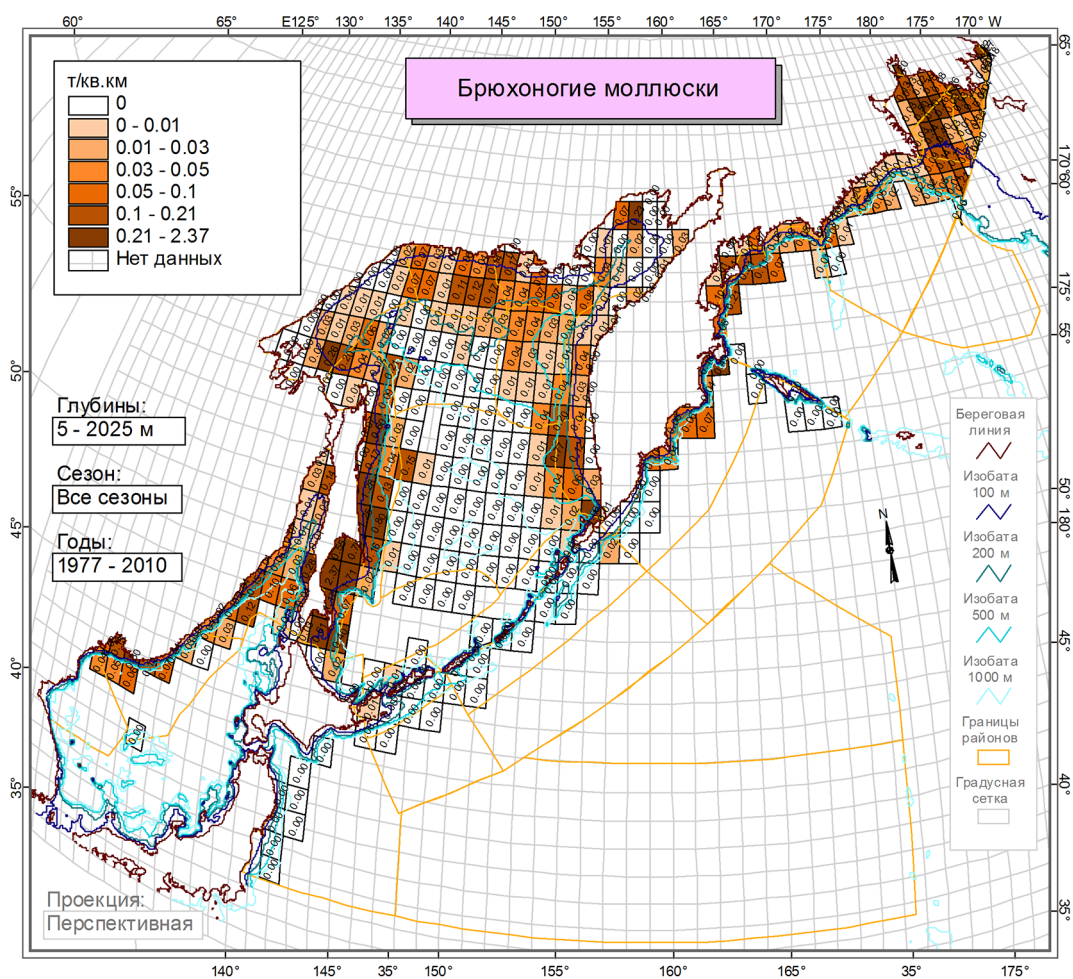


Рис. 8. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение брюхоногих моллюсков в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 8. Total density of gastropods in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

и западной части Берингова моря. В этих же районах медузы очень многочисленны и в пелагиали (Шунтов, 2010; Заволокин, 2011). С другой стороны, в обширной северо-западной части Охотского моря, как в пелагиали, так и у дна медуз мало (рис. 12). Как будто напрашивается вывод, что это может быть связано с суровостью данного района и удаленностью его от свала глубин. Однако значительная часть Анадырского залива в Беринговом море, где много медуз (рис. 12), также находится на удалении от свала глубин, а по суровости гидрологического режима он почти сопоставим с северо-западной частью Охотского моря.

В пространственном распределении макрофауны бентали дальневосточных вод прослеживаются следующие закономерности.

1. Как по общей биомассе, так и по плотности концентраций донной биоты Японское море уступает Охотскому и Берингову морям, а также тихоокеанским водам Камчатки и Курильских островов, что вполне соотносится с пониженными значениями биогенного фона и продукции низших трофических уровней в этом море.

2. По плотности концентраций рыб и рыбообразных, а также всей донной и придонной биоты два первых места занимают восточнокамчатский и прикурильский океанические районы. Берингово и Охотское моря по этим показателям оказываются соответственно на третьем и четвертом местах. Во всех районах, кроме Охотского моря, наиболее заселенными оказываются верхние горизонты материкового склона.

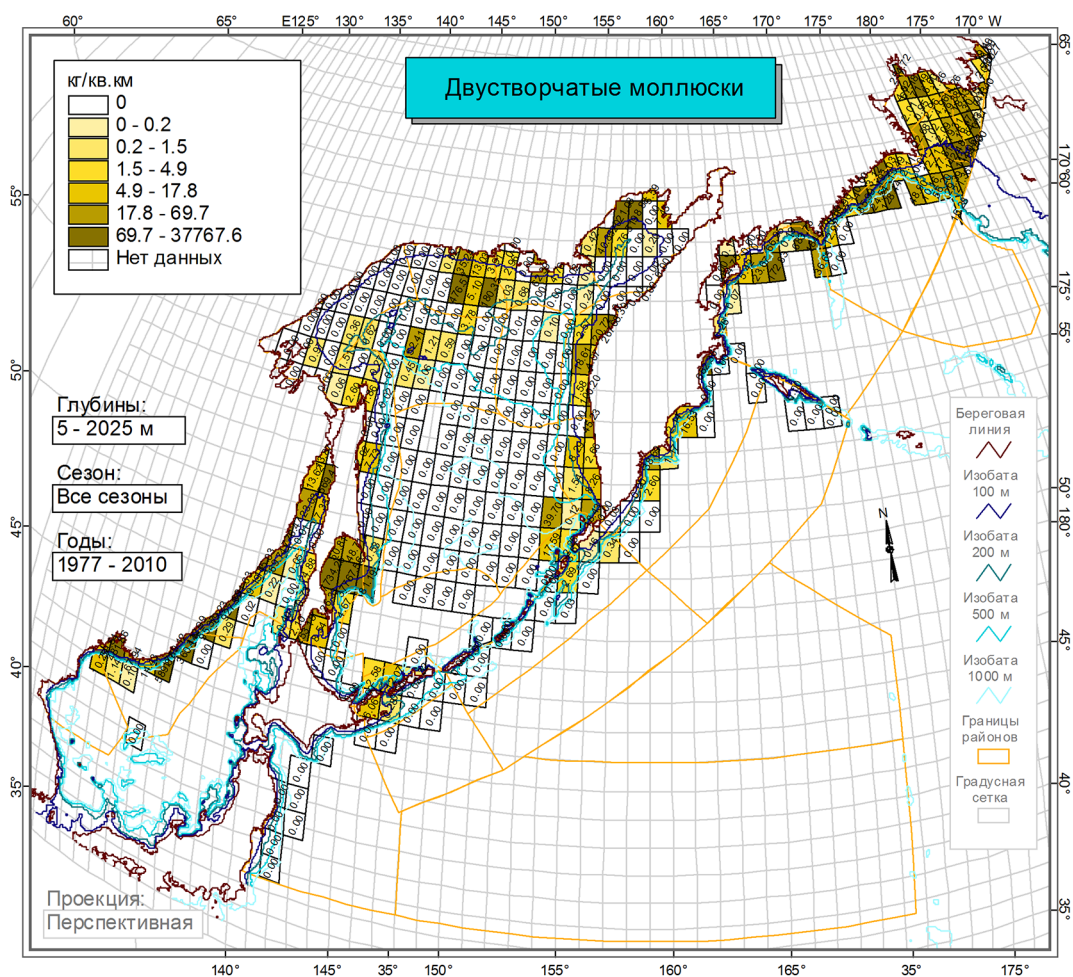


Рис. 9. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение двустворчатых моллюсков в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 9. Total density of bivalves in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

Все эти районы с наиболее высокой плотностью концентраций макрофауны имеют неширокий шельф, но крутой и сложный* свал глубин. Судя по всему, влияние рельефа на количественное распределение биоты здесь опосредуется через особенности вертикальной и горизонтальной циркуляции вод. В местах с хорошо выраженным изломом дна и крутыми склонами возрастает интенсивность вертикального перемешивания вод, в результате чего происходит обогащение зоны фотосинтеза биогенными элементами не только над свалом глубин, но также над внешней частью шельфа и сопредельными глубоководными акваториями. В результате в таких районах создаются благоприятные предпосылки для формирования не только повышенной продуктивности на низших трофических уровнях, но и рыбопродуктивности (Гершанович, 1966; Моисеев, 1969). В связи с этим в ряде работ в прошлом веке воды свала глубин называли зоной жизни и «зеленым поясом» (Шунтов, 1972; Новиков, 1974; Springer et al., 1996).

Данные выводы, однако, не отрицают и условий для формирования повышенной био- и рыбопродуктивности также на шельфе, особенно для бентосоядных донных видов. Для тех же камбал, крабов и других шельфовых видов и групп исключительное значение имеют грунты, биомассы кормового зообентоса, выраженность холодных

* Исключение представляют более обширные мелководные участки в этих районах — заливы Анадырский, Петра Великого, Сахалинский, Анива, восточнокамчатские заливы, южно-курильское мелководье. Но свал глубин в этих районах отличается крутизной.

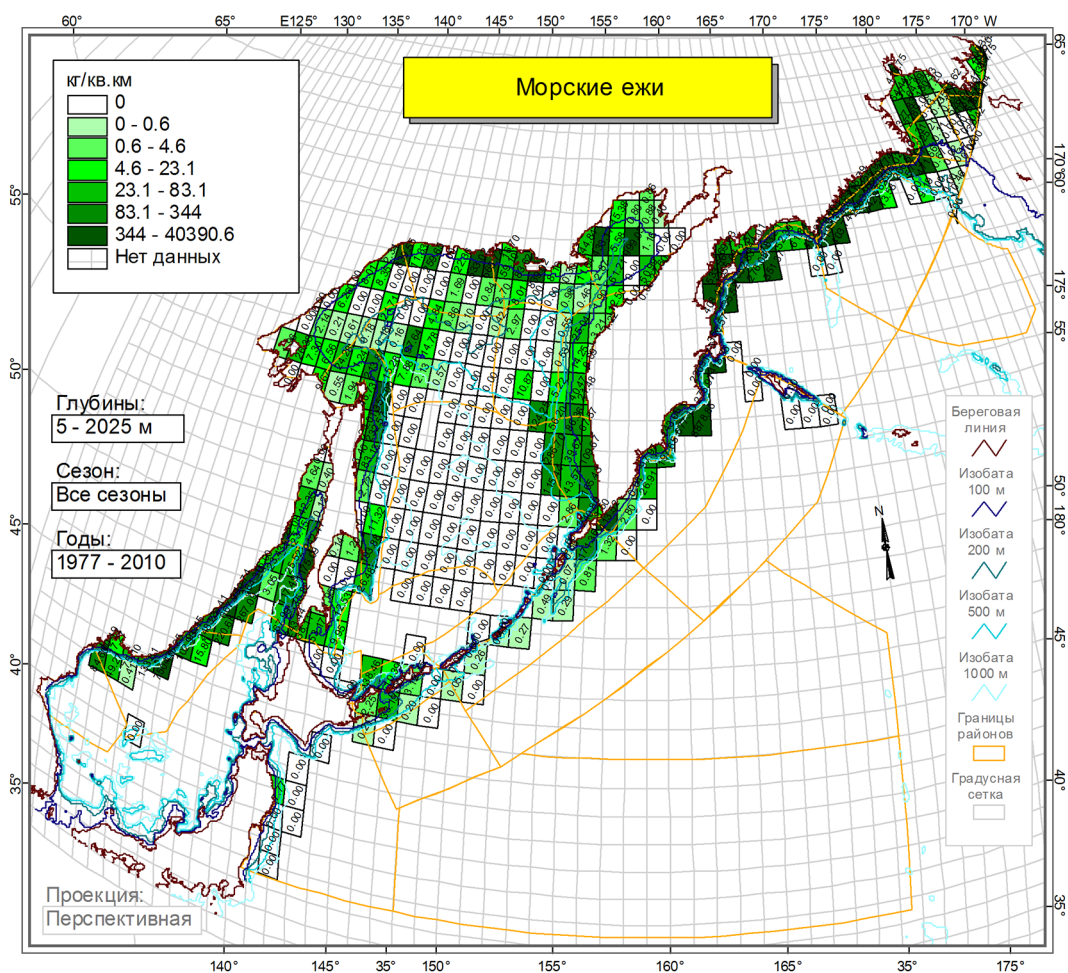


Рис. 10. Среднемноголетнее (1977–2010 гг.) распределение морских ежей в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 10. Total density of sea urchins in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

линз воды на дне*, горизонтальных рингов и апвеллингов. В частности, П.А. Моисеев (1953) еще в середине прошлого столетия привлек внимание к важности формирования на шельфе круговых циркуляций для удержания от большого разноса течениями икры и личинок камбал. При этом следует заметить, что адаптации обитающих на свале глубин разных видов и групп к такому основополагающему фактору, как течения, могут иметь противоположный смысл. Икра и личинки нерестящихся на склонах глубин палтусов для успешного выживания должны быть перенесены на сопредельный шельф, где они обитают несколько лет. С другой стороны, для многих видов окуней и макрурусов, также размножающихся на свале глубин, необходимо, чтобы их икра и молодь оставались в его водах или смежных глубоководных акваториях. Воды шельфа для их развития оказываются неблагоприятными.

3. Охотское море по плотности концентраций всей макрофауны в бентали находится на предпоследнем (четвертом) месте. В то же время в нем сосредоточено около 58 % общей биомассы макрофауны и около 62 % биомассы рыб, что связано с обширностью донных биотопов этого моря (в пределах глубин до 2 км). На втором месте по площади донных биотопов (в этом диапазоне глубин) находится Берингово море (см.

* Хорошо известно пышное развитие зообентоса в холодных пятнах придонных вод на шельфе Берингова и Охотского морей. Однако в таких районах, как правило, бывает низкой концентрация донных рыб (Нейман, 1961, 1965; Зенкевич, 1963; Шунтов, 2001).

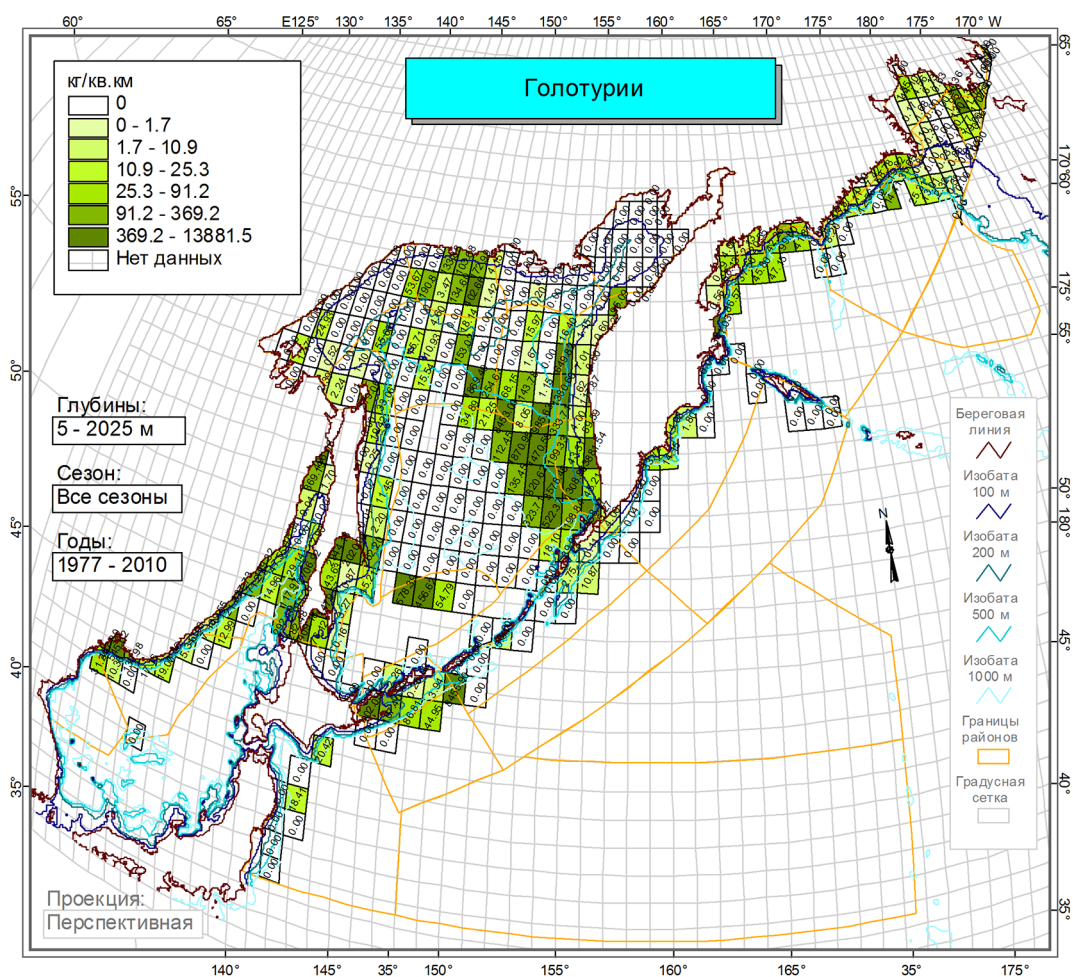


Рис. 11. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение голотурий в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 11. Total density of sea cucumbers in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

табл. 1). Соответственно на долю биомассы макрофауны и рыб в нем приходится по 21 %. Таким образом, на 3 остальные района приходится только 21 % общей биомассы макрофауны и 17 % биомассы рыб.

4. В нектоне по биомассе абсолютно преобладают рыбы и кальмары — там их доля составляет 98–99 %. В донных биотопах они (особенно рыбы) также преобладают, но на их долю приходится лишь немного больше 60 %, а без медуз — около 70 % (табл. 2).

Несомненный интерес представляет соотношение в конкретных районах количества нектона и нектобентоса (табл. 7). Среднегодовая биомасса рыб и кальмаров в нектоне российских вод составила 81,3 млн т (Шунтов, 2012), нектобентоса — 23,5 млн т. Однако в нектобентосе около 12,1 млн т пришлось на долю пелагических видов — минтая, сельди, мойвы, корюшек и тихоокеанского кальмара. Без них биомасса нектона больше биомассы рыб и головоногих бентали в 6,7 раза. Более существенные значения для нектона связаны с большей (в три раза) площадью и объемом (т.е. заселенностью большой толщи воды) пелагических биотопов. Ранее (Шунтов, 2012) было показано, что в мезопелагиали (200–1000 м) нектона даже немного больше, чем в эпипелагиали.

Заключение

По общей биомассе рыб и головоногих в пелагиали и бентали (в бентали — без пелагических видов) рассматриваемые районы ранжируются в следующем порядке:

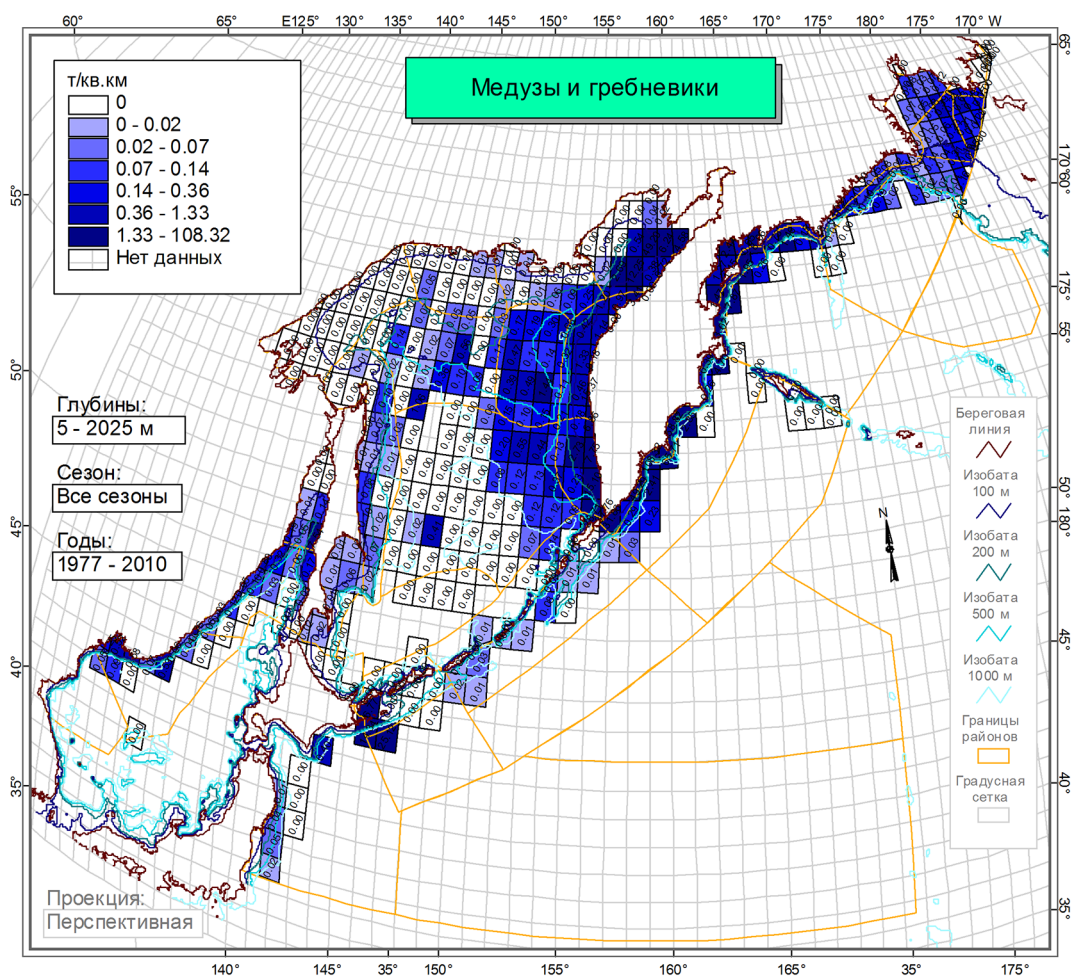


Рис. 12. Среднегодовое (1977–2010 гг.) распределение медуз в дальневосточных российских водах, т/км²

Fig. 12. Total density of benthic jellyfish in the waters of Far East of Russia, t/km² (1977–2010)

Охотское море (38,4 млн т) — прикурильские океанические воды (29,0 млн т) — Берингово море (13,3 млн т) — прикамчатские воды (7,8 млн т) — Японское море (4,3 млн т) (табл. 7). Соотношение биомасс этих групп у дна и в пелагиали составило: в Беринговом море — 5,0, в Охотском море — 5,2, в Японском море — 6,1, в прикамчатских океанических водах — 12,0, в прикурильских океанических водах — 13,5. Особенно значительная разница (в пользу пелагиали) наблюдается в океанических водах, что связано с относительно небольшими площадями шельфовых и сваловых донных биотопов.

По плотности концентраций рыб и кальмаров в пелагиали районы ранжируются в следующем порядке: прикурильские воды (24,0 т/км²) — Охотское море (21,0 т/км²) — Берингово море (16,0 т/км²) — прикамчатские воды (14,0 т/км²) — Японское море (9,0 т/км²); в бентали (без пелагических рыб): прикурильские воды (19,7 т/км²) — прикамчатские воды (9,1 т/км²) — Берингово море (6,2 т/км²) — Японское море (4,7 т/км²) — Охотское море (4,5 т/км²); а по общей плотности этих биотопических групп: прикурильские воды (25,8 т/км²) — Охотское море (25,0 т/км²) — Берингово море (19,0 т/км²) — прикамчатские воды (15,1 т/км²) — Японское море (14,5 т/км²). Видно, что и по общей концентрации рыб и головоногих в пелагиали и бентали на первом месте остается прикурильский район (25,8 т/км²), что связано с большим количеством здесь мезопелагических видов nektona, а также мигрантов в теплое время года (дальневосточная сардина, скумбрия, японский анчоус, тихоокеанский кальмар, диаф-тета, кальмары

Среднемноголетние (1977–2010 гг.) биомасса и плотность концентраций рыб и головоногих в пелагиали и бентали дальневосточных российских вод
 Таблица 7
 Total biomass and population density of fish and cephalopods in the pelagic layer and at the sea bottom in the waters of Far East of Russia

Показатель	Берингово море	Охотское море	Японское море	Прикамчатские океанические воды	Прикурильские океанические воды
Биомасса в пелагиали, млн т	11,2	32,2	3,7	7,2	27,0
Биомасса в бентали, млн т	4,6	13,8	0,9	1,4	2,7
Биомасса в бентали без пелагических видов, млн т	2,1	6,2	0,6	0,6	2,0
Биомасса рыб и головоногих в пелагиали и бентали, млн т	13,3	38,4	4,3	7,8	29,0
Плотность концентраций в пелагиали, т/км ²	16,0	21,0	9,0	14,0	24,0
Плотность концентраций в бентали, т/км ²	13,9	10,1	7,4	23,6	26,5
Плотность концентраций в бентали без пелагических видов, т/км ²	6,2	4,5	4,7	9,1	19,7
Плотность концентраций в пелагиали и бентали, т/км ²	19,0	25,0	14,5	15,1	25,8
Наиболее многочисленные виды в бентали (без пелагических видов)	<i>Gadus macrocephalus</i> , <i>Albatrossia pectoralis</i> , <i>Hippoglossoides robustus</i> , <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> , <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> , <i>Bathyrhaja parmifera</i> , <i>Atheresthes stomias</i> , <i>Hemilepidotus jordani</i> , <i>Berryteuthis magister</i> , <i>Somniosus pacificus</i> , <i>Lepidopsetta polyxystra</i>	<i>Limanda aspera</i> , <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> , <i>Albatrossia pectoralis</i> , <i>Gadus macrocephalus</i> , <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> , <i>Hippoglossoides elassodon</i> , <i>Eleginus gracilis</i> , <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> , <i>Bathyrhaja parmifera</i> , <i>Berryteuthis magister</i> , <i>Coryphaenoides cinereus</i>	<i>Pleurogrammus azonus</i> , <i>Acanthopsetta nadeshnyi</i> , <i>Glyptocephalus stelleri</i> , <i>Gadus macrocephalus</i> , <i>Eleginus gracilis</i> , <i>Berryteuthis magister</i> , <i>Bathyrhaja parmifera</i> , <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> , <i>Hippoglossoides dubius</i> , <i>Limanda punctatissimus</i> , <i>Limanda aspera</i>	<i>Albatrossia pectoralis</i> , <i>Coryphaenoides cinereus</i> , <i>Gadus macrocephalus</i> , <i>Lepidopsetta polyxystra</i> , <i>Berryteuthis magister</i> , <i>Elassodiscus tremebundus</i> , <i>Careproctus furcellus</i> , <i>Pleurogrammus monopterygius</i> , <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> , <i>Sebastolobus alascanus</i> , <i>Bathyrhaja aleutica</i>	<i>Albatrossia pectoralis</i> , <i>Berryteuthis magister</i> , <i>Pleurogrammus monopterygius</i> , <i>Coryphaenoides cinereus</i> , <i>Gadus macrocephalus</i> , <i>Lepidopsetta polyxystra</i> , <i>Bathyrhaja maculata</i> , <i>Elassodiscus tremebundus</i> , <i>Malacocottus zonurus</i> , <i>Hemilepidotus jordani</i> , <i>Bathyrhaja aleutica</i>

Бартрама и светлячок и прочие виды). Почти не уступает ему Охотское море (25,0 т/км²), в котором помимо значительного количества нектона в эпипелагиали и донных рыб в восточной части моря большое количество рыб и кальмаров концентрируется в мезопелагиали глубоководных котловин.

По среднесезонным данным для каждого района осреднения биостатистической информации выделено 29 доминирующих видов нектобентоса: 1 кальмар, 1 акула, 3 ската и 24 вида костистых рыб*. Из них два вида — треска *Gadus macrocephalus* и командорский кальмар *Berryteuthis magister* — входят в группу доминирующих видов во всех пяти регионах, малоглазый макрурус *Albatrossia pectoralis* — в четырех, многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, щитоносный скат *Bathyrhaja parmifera*, двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxistra* и пепельный макрурус *Coryphaenoides cinereus* — в трех, а остальные виды — в одном-двух регионах.

Список литературы

Волвенко И.В. Геоинформационная система для анализа сезонной и межгодовой пространственно-временной динамики нектона Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 137. — С. 144–176.

Волвенко И.В. Новая ГИС интегральных характеристик макрофауны пелагиали северо-западной Пацифики // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 149. — С. 3–20.

Волвенко И.В. Сравнение дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана по интегральным характеристикам траловой макрофауны пелагиали и дна // Изв. ТИНРО. — 2014а. — Т. 178. — С. 58–67.

Волвенко И.В. Новая база данных донных траловых станций, выполненных в дальневосточных морях и северной части Тихого океана в 1977–2010 гг. // Изв. ТИНРО. — 2014б. — Т. 177. — С. 3–24.

Волвенко И.В., Кулик В.В. Обновленная и дополненная база данных пелагических траловых станций, выполненных в дальневосточных морях и северной части Тихого океана в 1979–2009 гг. // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 3–26.

Гершанович Д.Е. О принципах классификации шельфовой зоны // Тр. ВНИРО. — 1966. — Т. 60. — С. 79–87.

Заволокин А.В. Медузы дальневосточных морей России. 3. Биомасса и численность // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 74–92.

Зенкевич Л.А. Биология морей СССР : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 740 с.

Макрофауна бентали залива Петра Великого (Японское море): таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978–2009 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014а. — 307 с.

Макрофауна бентали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2010 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014б. — 803 с.

Макрофауна бентали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2010 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014в. — 1052 с.

Макрофауна бентали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2010 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014г. — 554 с.

Макрофауна бентали северо-западной части Японского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978–2010 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014д. — 748 с.

Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1982–2009 / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012а. — 479 с.

Макрофауна пелагиали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1984–2009 / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012б. — 800 с.

* Для более коротких промежутков времени аналогичные списки не будут идентичными, хотя в донных сообществах сильно флуктуирующих видов немного.

Макрофауна пелагиали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1979–2009 / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012в. — 616 с.

Моисеев П.А. Биологические ресурсы Мирового океана : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1969. — 338 с.

Моисеев П.А. Треска и камбалы дальневосточных морей : Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.

Нейман А.А. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса в Беринговом море // Океанол. — 1961. — Т. 1, вып. 2. — С. 294–304.

Нейман А.А. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса на шельфах Северной Пацифики // Тр. ВНИРО. — 1965. — Т. 57. — С. 447–451.

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 416 с.

Нектон Охотского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 643 с.

Нектон северо-западной части Тихого океана. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 544 с.

Нектон северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2004. — 226 с.

Новиков Н.П. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1974. — 308 с.

Шмидт П.Ю. Рыбы Охотского моря : моногр. — М. ; Л. : АН СССР, 1950. — 370 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

Шунтов В.П. Морские птицы и биологическая структура океана : моногр. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1972. — 378 с.

Шунтов В.П. Некоторые результаты экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей в связи с задачами дальнейших исследований // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — С. 186–195.

Шунтов В.П. Опыт тотальной количественной оценки ихтио-теутоценозов дальневосточных российских вод // Бюл. № 7 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — С. 84–90.

Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Волвенко И.В. и др. Экосистемное изучение биологических ресурсов дальневосточных морских вод России: некоторые результаты исследований в конце 20 — начале 21-го столетия // ТИНРО—85. Итоги десятилетней деятельности. 2000–2010 гг. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — С. 25–78.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — Т. 1. — 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — Т. 2. — 473 с.

Brodeur R.D., Decker M.B., Ciannelli L. et al. Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering Sea in relation to climate regime shifts // Progr. Oceanogr. — 2008. — Vol. 77. — P. 103–111.

Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // Fish. Oceanogr. — 1996. — Vol. 5(3/4). — P. 205–223.

Поступила в редакцию 21.04.15 г.