

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 574.583(268.56)

А.М. Слабинский, А.Л. Фигуркин*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**СТРУКТУРА ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА
ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

Представлены результаты гидробиологических и гидрологических исследований, выполненных ТИНРО-центром в августе-сентябре 2003, 2007, 2008 и 2010 гг. в южной части Чукотского моря. Рассматривается размерная и видовая структура планктона, показано, что во все годы основу зоопланктона составляли крупные организмы. В период исследований наблюдалось последовательное возрастание от года к году биомассы зоопланктона, за счет всех групп организмов, но в первую очередь за счет щетинкочелюстных. Биомасса и видовой состав зоопланктона в юго-западной части Чукотского моря зависят от объема и площади распространения поступающих через Берингов пролив берингоморских вод с одной стороны и проникновения вод Восточно-Сибирского моря с другой. Проникновение берингоморских вод, как более продуктивных, обогащает фауну и улучшает кормовые условия в южной части Чукотского моря.

Ключевые слова: Чукотское море, водные массы, зоопланктон, фракция, биомасса, структура.

Slabinsky A.M., Figurkin A.L. Structure of planktonic community in the southern part of the Chukchi Sea in summer period // *Izv. TINRO*. — 2014. — Vol. 178. — P. 135–147.

Results of plankton and oceanographic surveys conducted by Pacific Fish. Res. Center (TINRO) in the southern Chukchi Sea in August-September of 2003, 2007, 2008, and 2010 are presented. Plankton samples were collected by Juday BSD net (mesh size 0.168 mm) from the layer 0–200 m or 0-bottom on the shelf with towing velocity 0.7–1.0 m/s. The samples are processed according to standard techniques accepted in TINRO (Volkov, 1996). The net phytoplankton biomass varied in the range 80–1683 mg/m³, with mean value 728.0 mg/m³ (the surveys were conducted mostly in the period of phytoplankton bloom, with exclusion the year 2008 when its biomass was insignificant). It was usually heightened in two areas: in the southeastern Chukchi Sea influenced by water advection from the Bering Sea and in the waters of the Siberian Coastal Current entered to the western Chukchi Sea. The zooplankton biomass had a tendency to increase year by year because of increasing of all species groups abundance, in particular Chaetognatha. Species structure of zooplankton was rather stable, with permanent 3–4 dominant species with summary portion > 50 % of total biomass, though some year-to-year changes of their percentage were observed. These changes, as well as spatial differences of the species structure, are linked with water exchange and depend on water transport through the Bering Strait and the western boundary of the Chukchi Sea and distribution of the entered waters, which improve productivity of the southern Chukchi Sea and enrich its fauna.

Key words: Chukchi Sea, water mass, zooplankton, zooplankton size fraction, species structure, zooplankton abundance.

* Слабинский Александр Михайлович, научный сотрудник, e-mail: tinro@tinro.ru; Фигуркин Александр Леонидович, кандидат географических наук, заведующий сектором, e-mail: figurkin@tinro.ru.

Slabinsky Alexander M., researcher, e-mail: tinro@tinro.ru; Figurkin Alexander L., Ph.D., head of section, e-mail: figurkin@tinro.ru.

Введение

В последние годы повышенный интерес к арктическому бассейну, и особенно к его шельфу, способствовал расширению научных исследований в арктическом секторе России, в частности в Чукотском море — одном из наименее изученных северных морей. Чукотское море, расположенное между центральной частью арктического бассейна и Беринговым морем, — окраинное море Северного Ледовитого океана и целиком лежит в пределах шельфа. На его акватории высоко влияние как арктической, так и бореальной фауны, при этом бореальная (северотихоокеанская) фауна преобладает на большей части моря (Бродский и др., 1983).

Исследования последних лет свидетельствуют о неоднозначном влиянии потепления в арктическом бассейне на его обитателей (Melnikov et al., 2002; Belkin, 2009). Проводимые ТИНРО-центром в Чукотском море исследования были направлены на оценку его биологических ресурсов, состояния запасов промысловых объектов и условий их обитания.

Цель данной работы — исследование состава, структуры, межгодовой динамики количественных характеристик планктона Чукотского моря.

Материалы и методы

В основу работы были положены материалы 4 съемок, выполненных в Чукотском море в 2003, 2007, 2008 и 2010 гг. (табл. 1, рис. 1). За весь период исследований было выполнено 118 планктонных станций.

Таблица 1

Объем собранного материала и морфометрические характеристики обследованных районов Чукотского моря

Table 1

Samples number and geomorphology for surveyed areas in the southern Chukchi Sea

Год	Количество проб	Площадь, тыс. км ²	Глубина, м	Сроки выполнения
2003	18	46,74	47	24–28 августа 2003 г.
2007	38	140,41	47	11–22 августа 2007 г.
2008	25	93,80	46	02–08 сентября 2008 г.
2010	37	104,50	50	07–17 сентября 2010 г.

Планктон облавливался сетью БСД (капроновое сито с ячейей 0,168 мм, площадь входного отверстия 0,1 м²) в слое 0—дно, так как глубина была менее 100 м. Скорость подъема сети составляла 0,7–1,0 м/с.

Обработка проб планктона производилась пофракционно в соответствии с методикой, принятой в ТИНРО-центре (Волков, 1996). Численность планктонных организмов мелкой фракции, в том числе яиц копепоид и эвфаузиид, молоди *Limacina helicina*, науплиев и личинок донных беспозвоночных подсчитывалась в камере Богорова, средней и крупной — тотально.

При расчетах показателей биомассы и численности вводились поправки на уловистость сети, применяемые в ТИНРО-центре: для мелкой фракции зоопланктона — 1,5, средней — 2,0. В крупной фракции для планктеров приняты пропорционально увеличенные поправки: копепоиды длиной до 5 мм — 2, крупнее 5 мм — 3; эвфаузииды (а также животные с «эвфаузиидной» формой тела, т.е. мизиды и мелкие декаподы) и щетинкочелюстные до 10 мм — 2, 10–20 мм — 5, крупнее 20 мм — 10; гиперииды до 5 мм — 1,5, 5–10 мм — 3,0, крупнее 10 мм — 5,0 (Волков, 1996).

Данные о температуре и солености вод от поверхности до дна с вертикальной дискретностью 1 м получены с помощью CTD-зондов SBE-25profiller или SBE-19plus.

Результаты и их обсуждение

Океанологические условия. Воды южной части Чукотского моря, несмотря на небольшие размеры и глубины, в августе-сентябре характеризовались достаточно

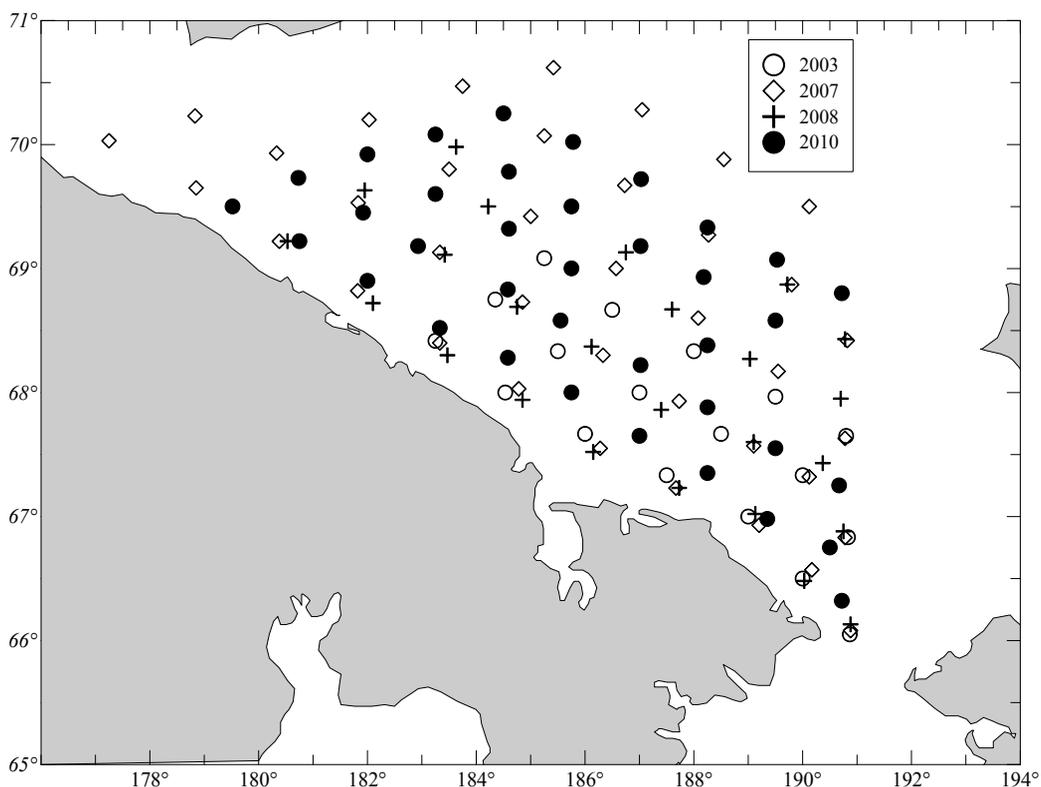


Рис. 1. Схема расположения планктонных и океанологических станций, выполненных в Чукотском море в летний период в различные годы

Fig. 1. Scheme of plankton and oceanographic stations arrangement, by years

большой изменчивостью значений температуры и солености, как по акватории, так и по вертикали. На рис. 2 представлена попытка отразить на плоскости трехмерное распределение основных водных масс в годы съемок (Фигуркин, Слабинский, 2012). Треугольниками показаны районы, где у дна сохранились линзы придонных шельфовых вод высокой плотности, сформированные зимой при льдообразовании за счет выжимания и опускания солей (Коучмен и др., 1979). Различная штриховка треугольников соответствует различной высоте придонных линз: от 1–5 м, до 15–20 м. К летней модификации придонных шельфовых вод, с учетом сезонной трансформации, были отнесены воды с соленостью выше 33,0 ‰ и температурой менее 1 °С. Штриховкой в клетку выделены районы, где от 100 до 50 % всей толщи занимают берингоморские (тихоокеанские) воды. К ним относились воды соленостью $33,0 > S < 32,1$ ‰ (Коучмен и др., 1979). Районы, где количество тихоокеанских вод составляло менее 50 % от глубины места, показаны точечной тонировкой; соответственно больше половины толщи этих районов представлены поверхностными распресненными водами с соленостью менее 32,1 ‰. Наиболее вероятно, что вдоль чукотского побережья это сибирская прибрежная водная масса (исключение — 2007 г.), на северо-западе района — аляскинская прибрежная водная масса (2003, 2010 гг.), в районе о. Врангеля — результат таяния льда (2008 г.).

Наибольшее количество берингоморских вод и по площади распространения, и по объему отмечалось в съемке 2007 г. Это хорошо согласуется с рекордной за период с 1991 по 2011 г. величиной их притока в Чукотское море, зафиксированной в 2007 г. по наблюдениям за скоростью течения в Беринговом проливе. Одной из причин этого называют (Pickart et al., 2010) аномальный антициклонический характер летней циркуляции атмосферы и ветрового дрейфа в 2007 г. (по климатологии летом доминирует циклонический). После 2007 г. по количеству берингоморских вод на акватории

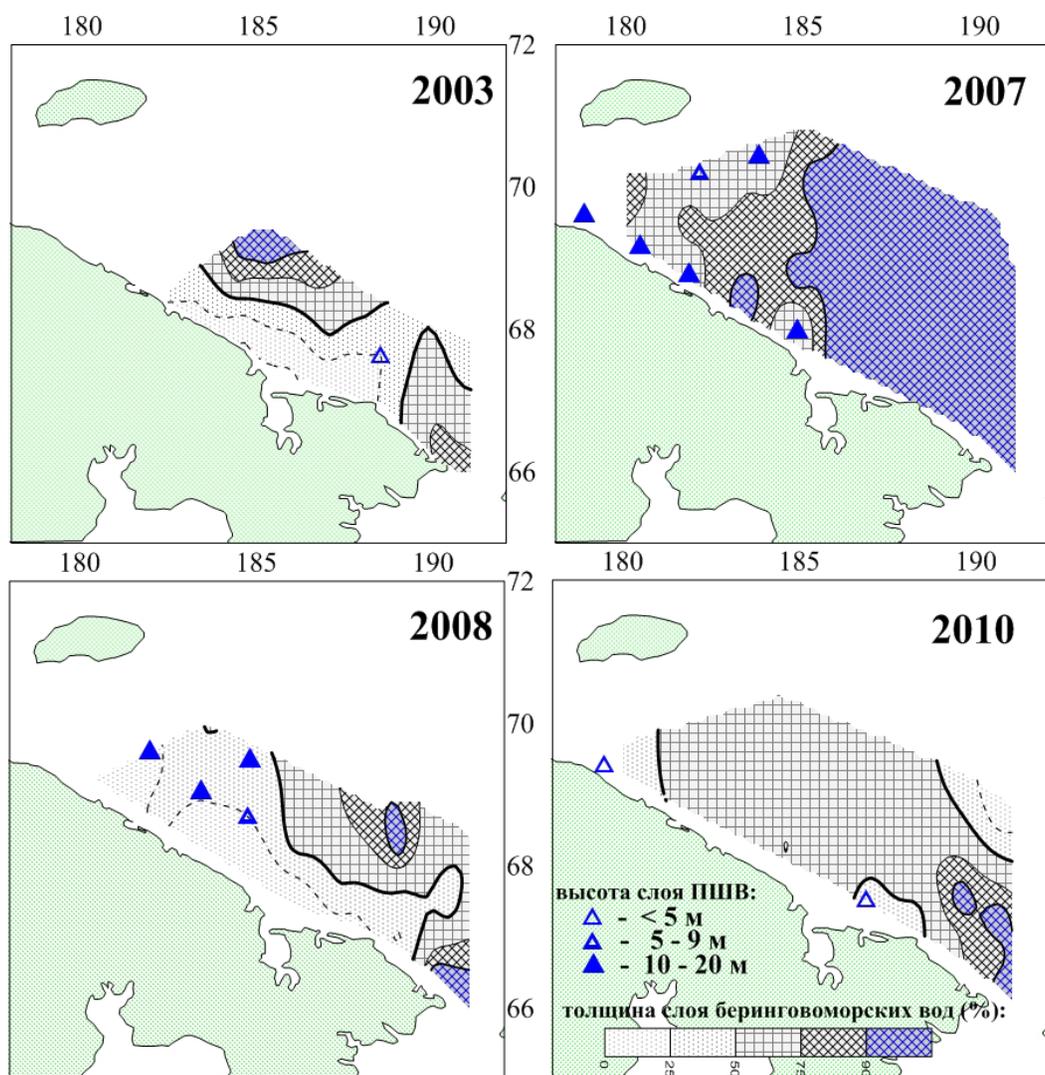


Рис. 2. Толщина слоя берингоморской водной массы в августе-сентябре в Чукотском море, доля от глубины места (изолинии 90, 75, 50, 25, 0 %). Треугольниками показана высота придонного слоя плотных шельфовых вод ($S > 33,0 \text{ ‰}$; $T < 1 \text{ °C}$)

Fig. 2. Thickness of the Bering Sea water mass penetrated into the southern Chukchi Sea, mean for August-September (% of local depth, isolines of 90, 75, 50, 25, and 0 % are shown). Triangles — thickness of the Bottom Shelf water mass of high density ($< 1 \text{ °C}$; $> 33.0 \text{ ‰}$)

съемки в порядке убывания следуют 2010, 2008 и 2003 гг. Наибольший объем пресненных вод Сибирского прибрежного течения отмечался в 2003 и 2008 гг.

Планктон. В разные годы средняя биомасса фитопланктона в исследованной части моря изменялась от 80 до 1683 мг/м^3 , среднемноголетняя биомасса составила 728 мг/м^3 . В многолетнем плане в период наших исследований наблюдалось значительное развитие фитопланктона, за исключением 2008 г., когда на большей части исследованной акватории биомасса фитопланктона была невелика. В распределении фитопланктона южной части Чукотского моря прослеживались две области повышенной биомассы: максимальное количество фитопланктона, составлявшее на отдельных станциях в разные годы от 1000 до 5000 мг/м^3 , отмечалось в юго-восточной части Чукотского моря, находящейся под воздействием берингоморских вод, и в северо-западной части, куда проникает Сибирское прибрежное течение. Кроме того, повышенное содержание фитопланктона встречалось в центральной части акватории, в районе взаимодействия берингоморских и восточносибирских вод (рис. 3). Вместе с тем такие факторы, как

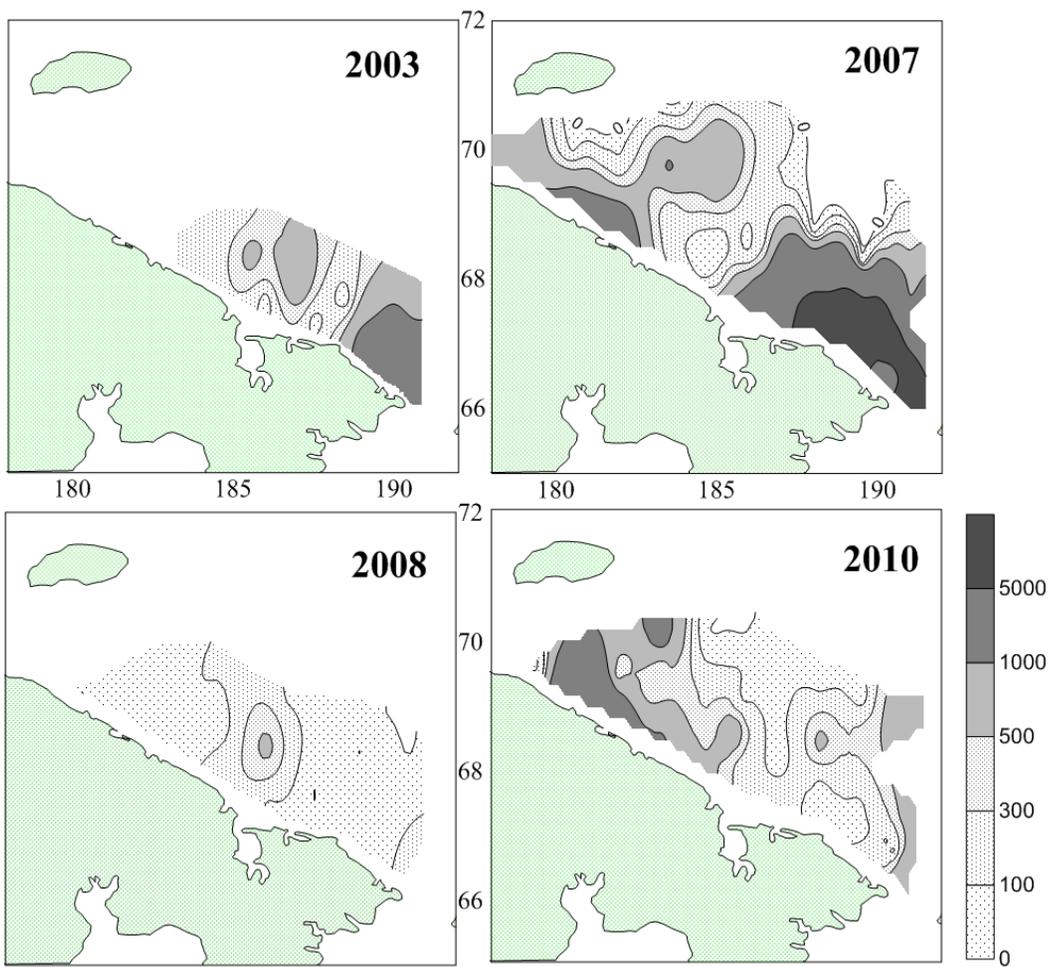


Рис. 3. Распределение фитопланктона в летний период в различные годы, mg/m^3
 Fig. 3. Net phytoplankton biomass distribution in summer, by years, mg/m^3

наличие вихрей, приливо-отливного перемешивания, берегового стока, также влияют на формирование условий для развития фитопланктона, поэтому обильное цветение фитопланктона летом в Чукотском море может наблюдаться не только в районах, находящихся под влиянием берингоморских вод и Сибирского прибрежного течения, но и в арктических водах (Шунтов, 2001). Так, повышенное содержание фитопланктона — более $1000 \text{ mg}/\text{m}^3$ — наблюдалось в 1997 г. в водах арктического происхождения (Борисов, 1997). В составе фитопланктона в западной части исследованной акватории преобладали диатомовые водоросли родов *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* и *Chaetoceros*, а в восточной части — водоросли родов *Thalassiosira* и *Chaetoceros*.

Средняя биомасса зоопланктона мелкой фракции изменялась от $26,8$ в 2008 г. до $165,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ в 2003 г., что составляло соответственно $3,8$ и $20,8 \%$ (табл. 2, 3). В различные годы распределение мелкой фракции зоопланктона отличалось мозаичностью и зависело от гидрологических условий (рис. 4).

Основу мелкого зоопланктона составляли преимущественно широко распространенные копеподы *Pseudocalanus newmani*, *Oithona similis*, неритические *Centropages abdominalis*, *Acartia longiremis* и меропланктон, который был представлен личинками усонюгих раков, полихет и двустворчатых моллюсков (см. табл. 2). Наиболее высокая биомасса мелкой фракции — $165,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ — наблюдалась в 2003 г., когда значительную часть района исследований занимала сибирская прибрежная водная масса. В этот год основу мелкой фракции зоопланктона составляли копеподы *P. newmani* и меропланктон.

Видовой состав мелкой фракции зоопланктона в Чукотском море в позднелетний период, мг/м³
 Таблица 2
 Table 2

Species structure for small-sized zooplankton in the Chukchi Sea in summer, mg/m³

Вид	2003 г.	2007 г.	2008 г.	2010 г.
Copepoda (nauplius)	0,3	3,3	2,1	6,0
Euphausiacea (nauplius)	0	0,2	0	0
Nauplius + Cypris Balanus	33,5	9,3	2,7	3,7
Larvae Polychaeta	1,0	3,3	0,3	6,1
Veliger Bivalvia	0,7	0,3	0,9	9,3
<i>Pseudocalanus newmani</i>	113,8	12,3	9,6	78,0
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	0	0,2	0	0,4
<i>Acartia longiremis</i>	2,3	0,1	0,1	2,0
Сопер. 1–2 (<i>Neocalanus</i> sp.)	0	0,1	0	1,8
<i>Metridia pacifica</i> 1–2 ст.	0,3	0,3	0,1	2,2
<i>Centropages abdominalis</i>	0,2	3,3	5,6	1,0
<i>Eurytemora herdmanni</i>	0	0	0,1	0
<i>Oithona similis</i>	11,1	1,2	2,0	4,4
<i>Oncaea borealis</i>	0	0,7	0,1	0,4
<i>Microsetella</i> sp.	0,1	4,1	1,0	0,8
<i>Limacina helicina</i>	0,1	0	0	0
<i>Fritillaria borealis</i>	1,1	2,0	0,1	3,5
<i>Oikopleura vanhoffeni</i>	1,2	0,8	2,1	2,0
Биомасса, мг/м ³	165,7	41,5	26,8	121,6
Фитопланктон	674,1	1683,3	80,2	474,4

Общие показатели планктона Чукотского моря в слое дно — 0 м по годам
 Таблица 3
 Table 3

Year-to-year changes of plankton parameters in the Chukchi Sea

Год	Фитопланктон	Сумма 3 фракций	Мелкая	Средняя	Крупная, в том числе	Euphausiacea	Amphipoda	Copepoda	Chaetognatha	Pteropoda	Coelenterata	Appendicularia	Прочие
Биомасса, мг/м ³													
2003	674,1	796,6	165,7	228,5	402,4	75,9	0	214,5	51,1	1,3	3,4	–	56,2
2007	1683,3	660,8	41,5	51,8	567,5	43,9	8,1	139,1	281,7	3,1	1,5	69,7	20,4
2008	80,2	876,8	26,8	58,6	791,4	268,6	27,8	118,3	323,2	–	–	49,4	4,1
2010	474,4	2347,8	121,6	139,0	2087,7	454,4	54,8	427,2	1136,9	–	–	–	14,4
Валовый запас, тыс. т													
2003	1481	1750	364	502	884	167	0	471	112	3	7	–	123
2007	11109	4361	274	342	3745	290	53	918	1859	20	10	460	135
2008	346	3783	116	253	3415	1159	120	510	1395	–	–	213	18
2010	2494	12341	639	728	10974	2388	288	2246	5976	–	–	–	76
Запас, т/км ²													
2003	31,7	37,4	7,8	10,7	18,9	3,6	0	10,1	2,4	0,1	0,2	–	2,6
2007	79,0	31,1	2,0	2,4	26,7	2,1	0,4	6,5	13,2	0,1	0,1	3,3	1,0
2008	4,0	40,0	1,2	2,7	36,0	12,4	1,3	5,4	14,9	–	–	2,3	0,2
2010	23,9	118,1	6,1	7,0	105,0	22,9	2,8	21,5	57,2	–	–	–	0,7
Состав зоопланктона, %													
2003		100	20,8	28,7	50,5	18,9	0	53,3	12,7	0,3	0,8	–	14,0
2007		100	6,3	7,8	85,9	7,7	1,4	24,5	49,6	0,5	0,3	12,3	3,6
2008		100	3,1	6,7	90,3	33,9	3,5	14,9	40,8	–	–	6,2	0,5
2010		100	5,2	5,9	88,9	19,4	2,3	18,2	48,4	–	–	–	0,6

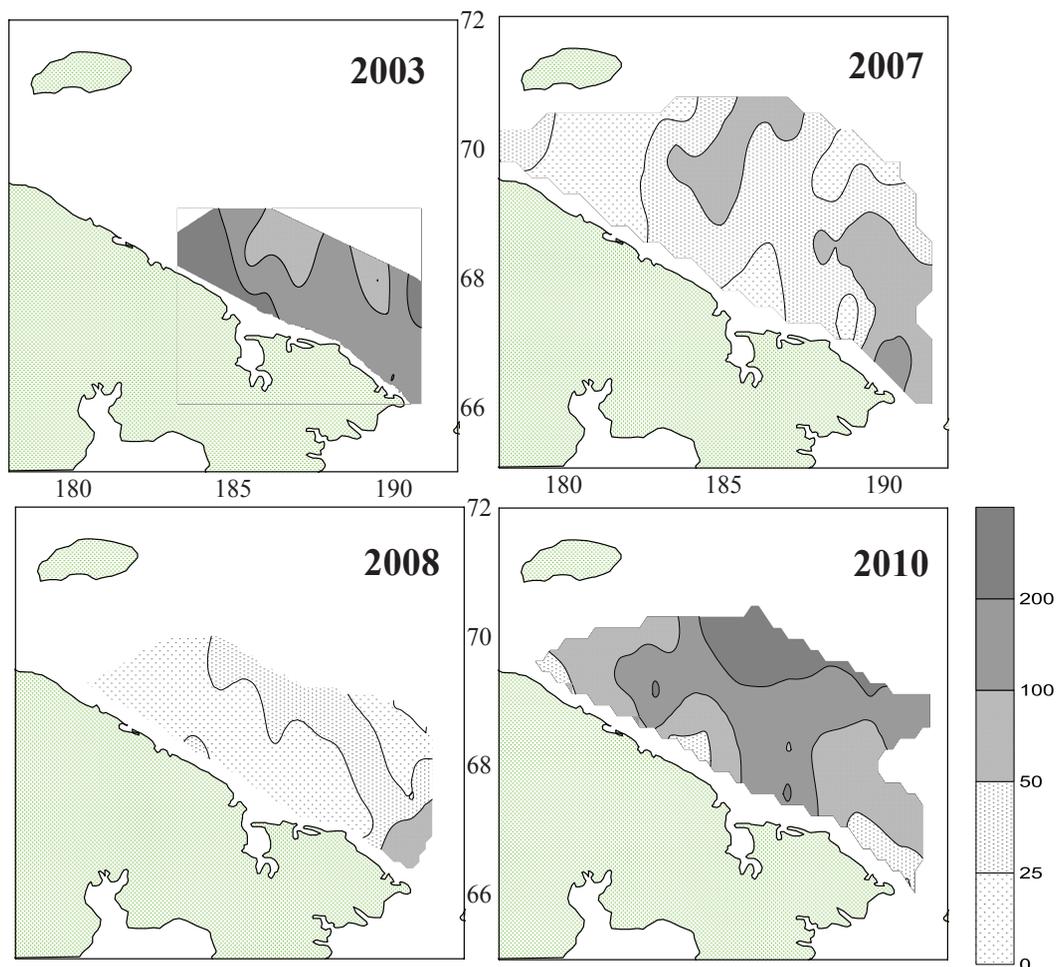


Рис. 4. Распределение мелкой фракции зоопланктона в позднелетний период в различные годы, mg/m^3
 Fig. 4. Distribution of small-sized zooplankton biomass in late summer, by years, mg/m^3

В 2007 г., когда почти вся исследованная акватория Чукотского моря была занята берингоморскими водами, наблюдалось значительное снижение общего количества зоопланктона мелкой фракции — до $41,5\text{ mg/m}^3$, и в первую очередь за счет копепод *P. newmani*, *O. similis* и меропланктона. Следующее возрастание биомассы мелкой фракции, в первую очередь за счет увеличения количества *P. newmani*, было отмечено в 2010 г., когда вновь значительная часть исследованной акватории была занята берингоморскими водами (см. рис. 2).

Распределение биомассы средней фракции зоопланктона (рис. 5) также отличалось неоднородностью, наибольшая концентрация наблюдалась в восточной части Чукотского моря, находящейся под более сильным воздействием берингоморских вод. Общая биомасса средней фракции зоопланктона изменялась от $228,0\text{ mg/m}^3$ (28,3 %) в 2003 г. до $51,8\text{ mg/m}^3$ (5,9 %) в 2007 г., т.е. наибольшее количество зоопланктона средней фракции наблюдалось в год наибольшего проникновения Сибирского прибрежного течения. Здесь также отмечалось повышенное содержание *P. newmani*, личинок усонюгих раков, копеподитных стадий холодноводного вида *Calanus glacialis* и эврибатного *Metridia pacifica* (табл. 3, 4).

Крупная фракция зоопланктона была доминирующей в планктоне Чукотского моря. В распределении крупной фракции зоопланктона, по сравнению с более мелким зоопланктоном, более отчетливо прослеживалась приуроченность повышенных скоплений к водам тихоокеанского происхождения (рис. 6). В межгодовом плане биомасса

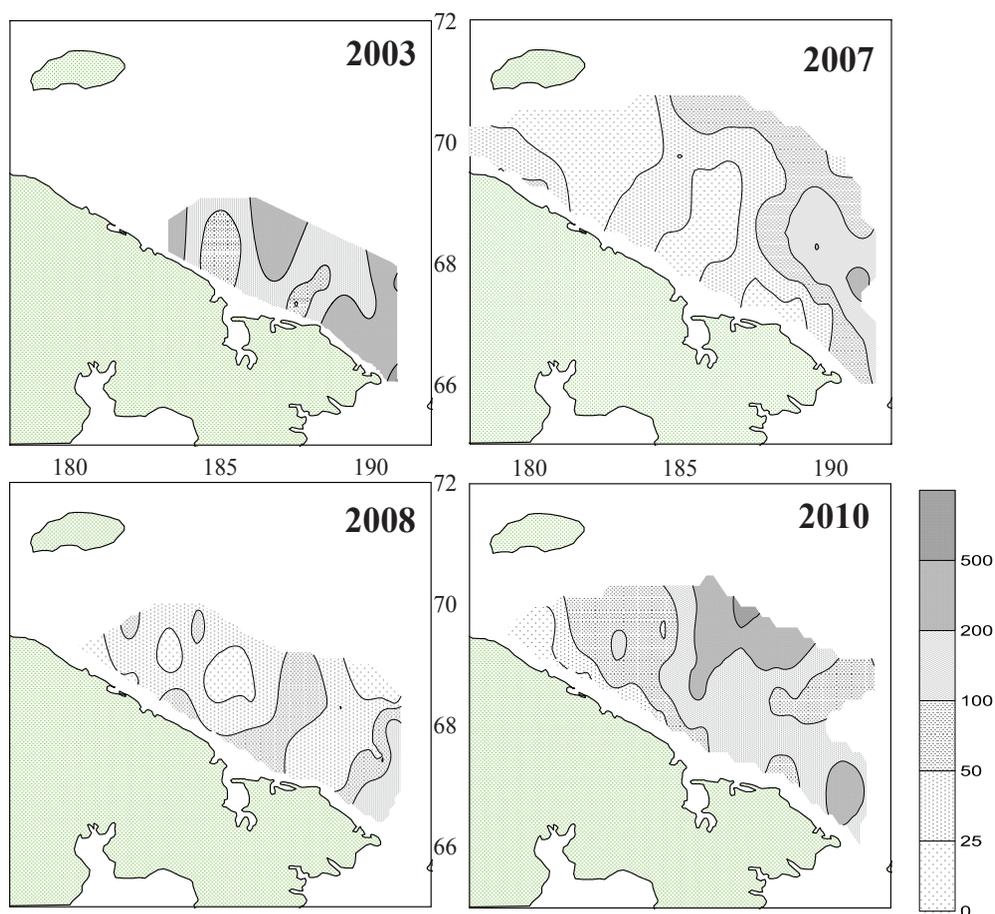


Рис. 5. Распределение средней фракции зоопланктона в позднелетний период в различные годы, $\text{мг}/\text{м}^3$

Fig. 5. Distribution of medium-sized zooplankton biomass in late summer, by years, mg/m^3

Видовой состав средней фракции зоопланктона Чукотского моря в позднелетний период, $\text{мг}/\text{м}^3$
 Таблица 4
 Table 4
 Species structure for medium-sized zooplankton in the Chukchi Sea in summer, mg/m^3

Вид	2003 г.	2007 г.	2008 г.	2010 г.
<i>Pseudocalanus newmani</i>	85,7	9,0	11,9	37,9
<i>Scolecithricella minor</i>	0	0	0,1	0
<i>Acartia longiremis</i>	0	0	0,5	0,1
<i>Calanus glacialis</i>	59,0	0,6	0,9	17,4
Copep. 2–3 (<i>Neocalanus</i> sp.)	0	0,1	0,3	0,2
<i>Metridia pacifica</i>	30,6	13,0	4,6	65,7
<i>Centropages abdominalis</i>	5,1	3,9	16,7	0,6
<i>Eucalanus bungii</i>	0,7	2,0	2,0	5,3
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	0	0	0,1	0
<i>Podon leuckartii</i>	0	0,2	0	0
<i>Calyptopis Thysanoessa</i> sp.	0,7	0,3	0,2	2,5
<i>Themisto pacifica</i>	0	0	0,2	0
Cypris Balanus	37,3	11,6	11,2	2,0
<i>Clione limacina</i>	0	0	0,1	0,2
<i>Limacina helicina</i>	0	0	0	0,7
Polychaeta (larvae)	0,3	0,3	0,9	0,6
<i>Aglantha digitale</i>	3,5	0	0	1,4
<i>Sagitta elegans</i>	1,8	0,2	0	0,9
<i>Oikopleura vanhoffeni</i>	3,8	10,6	8,9	3,2
Биомасса, $\text{мг}/\text{м}^3$	228,5	51,8	58,6	138,7

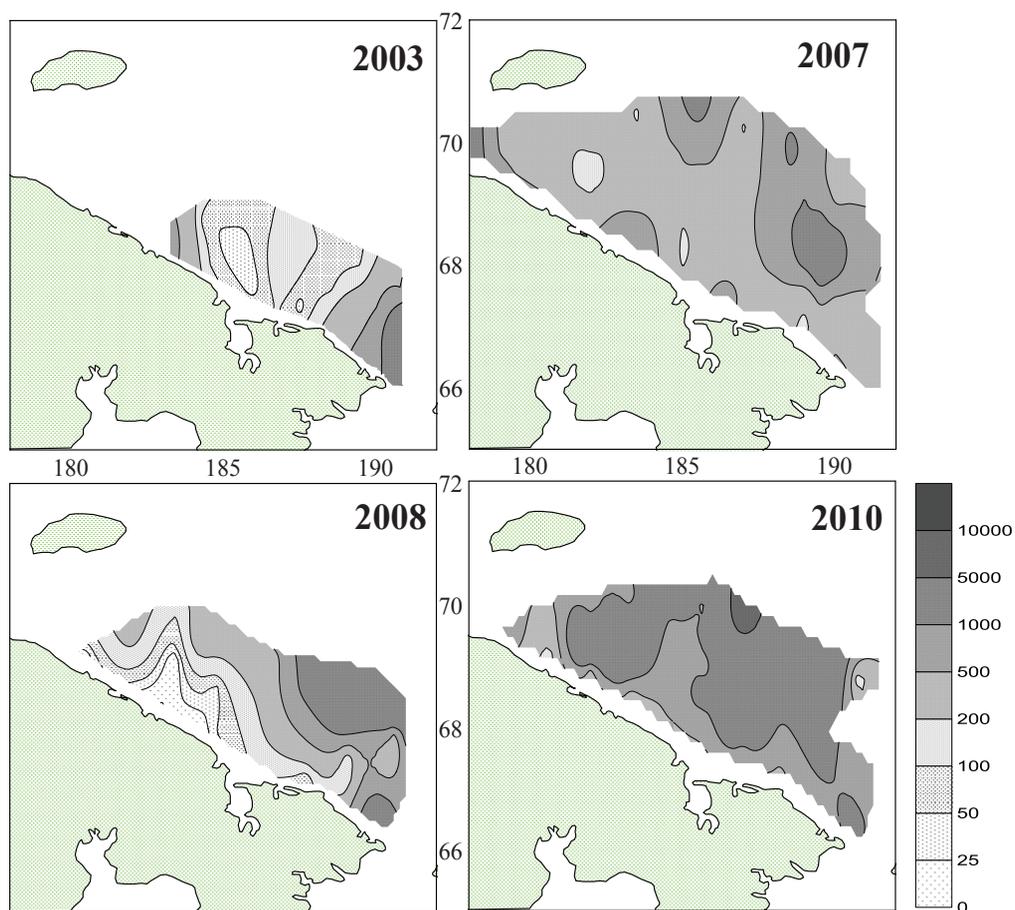


Рис. 6. Распределение крупной фракции зоопланктона в позднелетний период в различные годы, $\text{мг}/\text{м}^3$

Fig. 6. Distribution of large-sized zooplankton biomass in late summer by years, mg/m^3

крупного зоопланктона постепенно нарастала от $402,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ в 2003 г. до $2087,7 \text{ мг}/\text{м}^3$ в 2010 г. (табл. 3, 5). Из данных табл. 3 видно, что общее количество зоопланктона значительно возросло к 2010 г. за счет повышения биомассы всех групп организмов, но в первую очередь за счет щетинкочелюстных (табл. 5).

Основу биомассы копепод составляли холодноводный вид *C. glacialis*, океанические *Eucalanus bungii*, *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus* (табл. 5).

Пониженное содержание копепод *N. plumchrus* и *N. cristatus* в 2003 г., скорее всего, было обусловлено небольшой площадью исследованной акватории, прижатой к побережью (рис. 6, табл. 1). С 2007 г. начинает возрастать биомасса щетинкочелюстных, представленных одним видом, *Sagitta elegans*, а в последующие годы увеличилась биомасса эвфаузиевых раков за счет неритического вида *Thysanoessa raschii*. Кроме этого, в планктоне Чукотского моря, так же как и в северной части Берингова моря (Кузнецова, Слабинский, 2007; Волков, 2012), с 2007 г. увеличилось количество холодноводной гипериды *Themisto libellula* (табл. 5). В результате этих изменений запас крупного кормового зоопланктона вырос с $18,9 \text{ т}/\text{км}^2$ в 2003 г. до $105,0 \text{ т}/\text{км}^2$ в 2010 г. (см. табл. 3).

В табл. 6 для каждого года приведены 10 доминирующих видов, доля которых в общей биомассе зоопланктона варьировала от 89,1 до 97,2%. В 2003 г. был обследован относительно небольшой прибрежный участок Чукотского моря, на котором значительную часть площади занимала сибирская прибрежная водная масса (см. рис. 2), поэтому в планктоне преобладали широко распространенный вид мелкой и средней фракций *P. newmani*, холодноводный неритический *C. glacialis*, а также *E. bungii* и личиночные стадии cirripedia (табл. 6). В 2008 г., когда наблюдалось значительное проникновение

Видовой состав крупной фракции зоопланктона Чукотского моря в позднелетний период, мг/м³
 Таблица 5
 Table 5

Species structure of large-sized zooplankton in the Chukchi Sea in summer, mg/m³

Вид	2003 г.	2007 г.	2008 г.	2010 г.
<i>Calanus glacialis</i>	91,7	20,0	17,8	318,9
<i>Neocalanus plumchrus</i>	0,5	17,7	31,9	34,3
<i>N. cristatus</i>	0	30,5	24,9	9,4
<i>Eucalanus bungii</i>	121,5	70,3	43,4	64,1
<i>Metridia pacifica</i>	0,8	1,2	0,3	0,5
<i>Thysanoessa raschii</i>	7,2	32,6	265,0	436,1
<i>Th. longipes</i>	0	0	0	0,6
<i>Th. inermis</i>	55,7	4,8	0	17,7
Furcilia Euphausiacea	13,0	6,5	3,7	0
Mysidscea	0	0	0	0,1
<i>Themisto pacifica</i>	0	0,4	0,2	0,2
<i>Th. libellula</i>	0	7,7	27,3	53,0
Gammaridea	4,3	0,2	0,3	1,6
Decapoda	0,8	0,2	0,2	1,4
Decapoda (larvae)	0,5	2,2	1,7	1,6
<i>Clione limacina</i>	1,3	3,1	0	0,1
<i>Limacina helicina</i>	0	0	0	0,5
<i>Aglantha digitale</i>	1,4	1,5	0,8	4,2
<i>Beroe cucumis</i>	47,7	16,9	1,2	0,5
Coelenterata	3,4	0	0,1	0
Polychaeta (larvae)	0	0,3	0	0
<i>Sagitta elegans</i>	51,1	281,7	323,2	1136,9
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	1,5	69,7	49,4	6,0
Биомасса, мг/м ³	402,4	567,5	791,4	2087,7

Доминирующие виды зоопланктона в Чукотском море по годам
 Таблица 6

Dominant species of zooplankton in the Chukchi Sea, by years
 Table 6

Вид	Мг/м ³	%	Вид	Мг/м ³	%
2003 г.			2007 г.		
<i>Pseudocalanus newmani</i>	199,5	25,0	<i>Sagitta elegans</i>	281,7	42,6
<i>Calanus glacialis</i>	150,7	18,9	<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	81,1	12,3
<i>Eucalanus bungii</i>	122,2	15,3	<i>Eucalanus bungii</i>	72,2	10,9
Cirripedia (cypris+nauplius)	70,8	8,9	<i>Thysanoessa raschii</i>	32,6	4,9
<i>Thysanoessa inermis</i>	55,7	7,0	<i>Neocalanus cristatus</i>	30,5	4,6
<i>Sagitta elegans</i>	52,9	6,6	Cirripedia (cypris+nauplius)	21,0	3,2
<i>Beroe cucumis</i>	47,7	6,0	<i>Calanus glacialis</i>	20,0	3,0
<i>Metridia pacifica</i>	31,7	4,0	<i>Neocalanus plumchrus</i>	17,2	2,6
Furcilia Euphausiacea	13,7	1,7	<i>Beroe cucumis</i>	16,9	2,6
<i>Oithona similis</i>	11,1	1,4	<i>Metridia pacifica</i>	15,6	2,4
Сумма 10 видов	756,0	94,8	Сумма 10 видов	588,8	89,1
Сумма 3 фракций	796,6	100	Сумма 3 фракций	660,8	100
2008 г.			2010 г.		
<i>Sagitta elegans</i>	323,2	36,9	<i>Sagitta elegans</i>	1136,9	48,4
<i>Thysanoessa raschii</i>	268,0	30,6	<i>Thysanoessa raschii</i>	436,0	18,6
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	49,4	5,6	<i>Calanus glacialis</i>	336,3	14,3
<i>Eucalanus bungii</i>	43,4	5,0	<i>Pseudocalanus newmani</i>	115,9	4,9
<i>Neocalanus plumchrus</i>	31,9	3,6	<i>Eucalanus bungii</i>	69,4	3,0
<i>Themisto libellula</i>	27,4	3,1	<i>Metridia pacifica</i>	68,3	2,9
<i>Neocalanus cristatus</i>	24,9	2,8	<i>Themisto libellula</i>	53,0	2,3
<i>Pseudocalanus newmani</i>	21,5	2,5	<i>Neocalanus plumchrus</i>	36,3	1,6
<i>Calanus glacialis</i>	18,7	2,1	<i>Thysanoessa inermis</i>	17,7	0,8
<i>Calanus abdominalis</i>	16,6	1,9	<i>Neocalanus cristatus</i>	9,4	0,4
Сумма 10 видов	825,1	94,1	Сумма 10 видов	2279,2	97,2
Сумма 3 фракций	876,8	100	Сумма 3 фракций	2347,8	100

сибирской прибрежной водной массы на восток, как и в 2003 г., была обследована акватория в два раза большая, охватывающая открытую часть Чукотского моря, занятую берингоморской водной массой (рис. 2, табл. 1). В связи с этим в планктоне начинают доминировать щетинкочелюстные *S. elegans* и неритические эвфаузииды *Th. raschii* (табл. 6). Кроме того, возрастание биомассы щетинкочелюстных и эвфаузиид может быть связано и с общей тенденцией увеличения количества этих видов: так, при общем увеличении биомассы зоопланктона к 2010 г. наиболее быстрое возрастание биомассы наблюдалось у *S. elegans* и *Th. raschii* (см. табл. 5).

На фоне достаточно сходных по своим гидрологическим условиям съемок резко выделяется 2007 г. Его главной особенностью было отсутствие Сибирского прибрежного течения, из-за чего на всей исследованной акватории Чукотского моря наблюдалось наибольшее количество берингоморских вод, как по площади, так и по объему, которые занимали от 100 до 50 % водной толщи (рис. 2).

Для выяснения состава и доминирования основных представителей зоопланктона в трансформированной берингоморской водной массе южной части Чукотского моря в 2007 г. был отдельно рассмотрен восточный участок акватории, на котором 90–100 % водной толщи было занято берингоморской водной массой (рис. 2). На этом участке в планктоне, как и в другие годы (кроме 2003 г.) доминировали щетинкочелюстные *S. elegans*, копеподы *E. bungii*, эвфаузииды *Th. raschii*, а также аппендикулярии *Oikopleura vanhoeffeni* (табл. 7). Вместе с тем на данном участке наблюдалась более высокая биомасса зоопланктона средней и крупной фракций, а также общая биомасса в целом (рис. 5, 6; табл. 7). Здесь же отмечено обилие эвфаузииды *Th. raschii* — 59,9 мг/м³ — и холодноводной гиперииды *Th. libellula* — 42,4 мг/м³ (табл. 7), тогда как в юго-восточной части Чукотского моря (зона США) и в Беринговом проливе биомасса этой гиперииды не превышала 4,0–8,0 мг/м³ (Волков, Murphu, 2007).

Таблица 7

Доминирующие виды зоопланктона в берингоморской водной массе Чукотского моря в 2007 г.

Table 7

Dominant species of zooplankton in the Bering Sea water mass penetrated to the Chukchi Sea in the summer of 2007

Вид	Мг/м ³	%
<i>Sagitta elegans</i>	225,8	29,6
<i>Eucalanus bungii</i>	86,3	11,3
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	78,0	10,2
<i>Thysanoessa raschii</i>	59,9	7,9
<i>Themisto libellula</i>	42,4	5,6
<i>Neocalanus cristatus</i>	33,1	4,3
Cirripedia (cypris+nauplius)	32,3	4,2
Copepodites Metridia sp.	30,0	3,9
<i>Neocalanus plumchrus</i>	23,9	3,1
<i>Pseudocalanus newmani</i>	21,4	2,8
Сумма 10 видов	633,2	82,9
Сумма 3 фракций	764,1	100

В 2007 и 2008 гг. в планктоне Чукотского моря наблюдалось значительное количество аппендикулярии *O. vanhoeffeni* (рис. 7). Этот вид входил в доминирующую группу планктонных организмов в 2007 г., когда вся исследованная акватория находилась под воздействием берингоморской водной массы, и в 2008 г., когда наблюдалось значительное проникновение Сибирского прибрежного течения (см. рис. 2, табл. 6, 7). В целом в 2008 г. наибольшие концентрации ойкоплевры были отмечены в районах Сибирского течения и циклонического круговорота, наблюдаемого над ложбиной Геральда. Как видно из данных табл. 6 и 7, состав доминирующих видов в различные годы был сходным, наблюдалось только некоторое изменение иерархического положения в доминировании отдельных видов. В видовом составе планктона,

в силу гидрологических условий, могут происходить определенные изменения, но 3–4 доминирующих вида, составляющих более 50 % биомассы зоопланктона, как правило, не менялись.

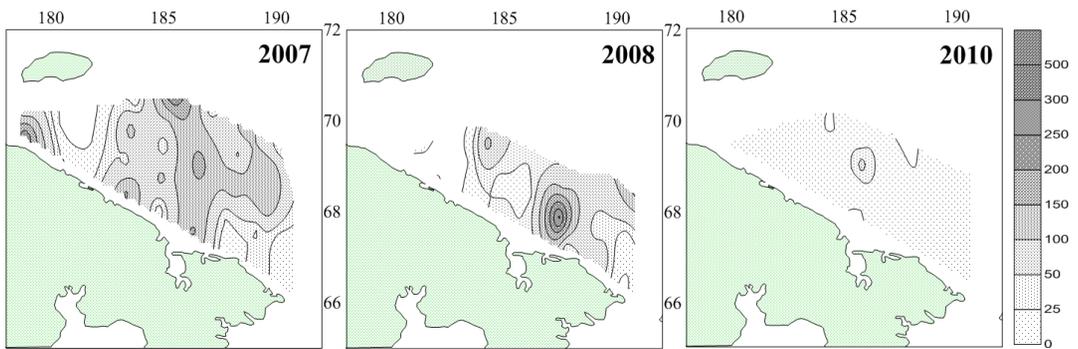


Рис. 7. Распределение биомассы аппендикулярии *Oikopleura vanhoeffeni* в позднелетний период в различные годы, мг/м³

Fig. 7. Distribution of *Oikopleura vanhoeffeni* biomass in late summer, by years, mg/m³

Для выяснения влияния гидрологических условий на состав и распределение зоопланктона нами был взят 2008 г., когда наблюдалось значительное проникновение восточносибирских вод вдоль чукотского побережья на восток. Объединение данных планктонных станций в соответствии с водными массами выявило определенные различия в количественных и качественных характеристиках зоопланктона.

В районе проникновения восточносибирских вод наблюдалось низкое содержание зоопланктона — 165,7 мг/м³. На этом участке исследованной акватории доминировали щетинкочелюстные и ойкоплевры, кроме того, значительная доля биомассы приходилась на неритический комплекс зоопланктона: меропланктон, прибрежные виды мелкой и средней фракций (табл. 8).

Таблица 8

Доминирующие виды Чукотского моря в 2008 г.

Table 8

Dominant species of zooplankton in the Chukchi Sea in 2008

Сибирская прибрежная водная масса			Берингоморская водная масса		
Вид	Мг/м ³	%	Вид	Мг/м ³	%
<i>Sagitta elegans</i>	52,3	31,6	<i>Sagitta elegans</i>	879,7	50,0
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	35,2	21,2	<i>Thysanoessa raschii</i>	266,2	15,1
<i>Pseudocalanus newmani</i>	23,6	14,2	<i>Eucalanus bungii</i>	125,7	7,1
<i>Thysanoessa raschii</i>	20,6	12,4	<i>Neocalanus plumchrus</i>	96,3	5,5
<i>Cirripedia (cypris)</i>	9,6	5,8	<i>Themisto libellula</i>	85,1	4,9
<i>Calanus glacialis</i>	8,8	5,3	<i>Neocalanus cristatus</i>	72,9	4,1
<i>Centropages abdominalis</i>	2,5	1,5	<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	53,9	3,1
Beroe	2,3	1,4	<i>Centropages abdominalis</i>	37,4	2,1
Copepoda (nauplius)	1,6	1,0	<i>Calanus glacialis</i>	36,5	2,1
Polychaeta	1,6	1,0	<i>Cirripedia (cypris)</i>	19,5	1,1
Сумма 10 видов	158,0	95,4	Сумма 10 видов	1673,2	95,1
Сумма 3 фракций	165,7	100	Сумма 3 фракций	1759,6	100

На акватории, занятой берингоморскими водами, общая биомасса зоопланктона была на порядок выше — 1759,6 мг/м³, доминировали виды океаническо-неритического комплекса, проникающие из Берингова моря, в частности с Наваринским течением (Шунтов, 2001). Наряду с щетинкочелюстными, составлявшими половину общей биомассы, значительную долю в планктоне берингоморских вод составляли неритические эвфаузииды *Th. raschii*, массовые океанические копеподы *E. bungii*, *N. plumchrus*, *N. cristatus*, холодноводный *C. glacialis*, холодноводная неритическая гипериида *Th. libellula* (табл. 8).

Выводы

Воды южной части Чукотского моря в различные годы характеризовались достаточно большой изменчивостью гидрологических условий. Наибольшее распространение беринговоморских вод отмечалось в 2007 г., а сибирских прибрежных — в 2003 г.

Биомасса фитопланктона на исследованной акватории изменялась от 80 до 1683 мг/м³. Повышенные концентрации фитопланктона в основном были приурочены к фронтальной зоне между беринговоморскими и сибирскими прибрежными водами. Наличие вихрей и берегового стока также влияло на формирование условий для развития фитопланктона.

Наиболее высокая биомасса мелкой и средней фракций зоопланктона отмечена в годы, когда значительная часть акватории находилась под влиянием Сибирского прибрежного течения (2003 и 2010 гг.). Основу планктона составляли виды неритического комплекса и меропланктон.

Крупная фракция зоопланктона была доминирующей в планктоне Чукотского моря. В распределении крупного зоопланктона прослеживалась приуроченность повышенных скоплений к районам, находящимся под влиянием беринговоморских вод.

За период исследований с 2003 по 2010 г. наблюдалось постепенное увеличение биомассы крупного зоопланктона (с 402,4 до 2087,7 мг/м³), возрастание происходило за счет всех групп организмов, но в первую очередь за счет щетинкочелюстных.

Состав и доминирование видов в различные годы в юго-западной части Чукотского моря зависят от объема поступающих через Берингов пролив беринговоморских вод с одной стороны и вод Восточно-Сибирского моря — с другой. Проникновение беринговоморских вод, как более продуктивных, обогащает фауну и улучшает кормовые условия в южной части Чукотского моря.

Список литературы

Борисов Б.М. Характеристика планктонного сообщества Чукотского моря по данным исследований в августе 1997 г. // Тез. докл. регион. науч. конф. «Северо-Восток России: проблемы экономики и народонаселения». — Магадан, 1997. — С. 74.

Бродский К.А., Вышкварцева Н.В., Кос М.С., Мархасева Е.Л. Веслоногие ракообразные (Copepoda: Calanoida) морей СССР и сопредельных вод : монография. — Л. : Наука, 1983. — Т. 1. — 358 с.

Волков А.Ф. Массовое появление *Themisto libellula* в северной части Берингова моря: «вторжение» или «вспышка»? // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 168. — С. 142–151.

Волков А.Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 306–311.

Волков А.Ф., Murphy J. Планктон и питание рыб в Чукотском и северной части Берингова моря // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — С. 70–80.

Коучмен Л.К., Огорд К., Трип Р.Б. Берингов пролив : монография. — Л. : Гидрометеоздат, 1979. — 199 с.

Кузнецова Н.А., Слабинский А.М. Гидробиологические исследования в западной части Берингова и Чукотского морей и тихоокеанских водах Командорских островов в 2007 г. по программе «BASIS» // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — С. 282–291.

Фигуркин А.Л., Слабинский А.М. Океанологические условия и планктон южной части Чукотского моря летом 1997–2010 гг. // Вопросы промысловой океанологии. — 2012. — Т. 1, вып. 9. — С. 134–152.

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

Belkin I.M. Rapid warming of Large Marine Ecosystems // Prog. Oceanogr. — 2009. — Vol. 81. — P. 207–213.

Melnikov I.A., Kolosova L.G., Welch H.E., Zhitina L.S. Sea ice biological communities and nutrient dynamics in the Canadian Basin of the Arctic Ocean // Deep Sea Res. — 2002. — Vol. 49, pt 2. — P. 1623–1649.

Pickart R.S., Pratt L.J., Torres D.J. et al. Evolution and dynamics of the flow through Herald Canyon in the western Chukchi Sea // Deep Sea Res. — 2010. — Vol. 57, Iss. 1–2. — P. 5–26.

Поступила в редакцию 10.07.13 г.