

УДК 597-153:591.524.12(268.45)

В.Г. Дворецкий, А.Г. Дворецкий\*

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 2007 Г.

В 2007 г. в Баренцевом море было исследовано состояние сообществ зоопланктона в зимний (март), весенний (май-июнь), летний (август-сентябрь) и осенний (октябрь) периоды. Отбор проб проводили сетью Джели (168 мкм) в слое 100–0 м или дно–0 м, численность и биомассу рассчитывали с учетом коэффициентов уловистости. Период исследования относился к категории теплых лет. Видовое богатство зоопланктона в зависимости от сезона варьировало от 26 до 71 таксона. Суммарное обилие и биомасса достигали максимальных значений летом —  $5436 \pm 810$  экз./м<sup>3</sup> и  $834 \pm 141$  мг/м<sup>3</sup>, минимальные показатели отмечены зимой —  $104 \pm 20$  экз./м<sup>3</sup> и  $96 \pm 57$  мг/м<sup>3</sup>. Основу биомассы во все сезоны составляли крупные копеподы, среди которых доминировали *Calanus finmarchicus* в южной части моря и *C. hyperboreus* + *C. glacialis* — в северной. Сравнение полученных материалов с более ранними исследованиями выявило сходство биомассы зоопланктона в центральной и северной частях моря летом 2003–2007 гг. В эти периоды биомасса была существенно выше, чем в холодные годы.

**Ключевые слова:** зоопланктон, численность, биомасса, Баренцево море.

**Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.** Zooplankton biomass distribution in the Barents Sea in 2007 // *Izv. TINRO*. — 2010. — Vol. 161. — P. 162–171.

Zooplankton communities were investigated in the Barents Sea in winter (March), spring (May-June), summer (August-September), and autumn (October) of 2007. The zooplankton samples were obtained with a Juday net (168 μm) hauled vertically from the sea bottom or 100 m depth to the sea surface. Abundance and biomass of zooplankton were calculated using the coefficients of catch ability. Species richness of zooplankton varied from 26 to 71 taxa depending on the season. Its total abundance and biomass reached their maximum in summer ( $5436 \pm 810$  ind/m<sup>3</sup> and  $834 \pm 141$  mgWW/m<sup>3</sup>) and the minimum in winter ( $104 \pm 20$  ind/m<sup>3</sup> and  $96 \pm 57$  mgWW/m<sup>3</sup>). Copepods dominated in the zooplankton communities in terms of total biomass in all seasons. The large copepod species *Calanus finmarchicus* prevailed in the southern part of the Sea, but *C. hyperboreus* + *C. glacialis* were the most abundant in its northern part. The period of study can be considered as a generally "warm" year. In the central and northern Barents Sea, similar biomasses of summer zooplankton were observed since 2003. In the whole this period, the zooplankton biomass was considerably higher than in preceding cold years.

\* Дворецкий Владимир Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: [vdvoretzkiy@tmbi.info](mailto:vdvoretzkiy@tmbi.info); Дворецкий Александр Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: [vdvoretzkiy@tmbi.info](mailto:vdvoretzkiy@tmbi.info).

**Key words:** zooplankton, zooplankton abundance, zooplankton biomass, Barents Sea.

## Введение

Баренцево море — один из наиболее продуктивных районов Северо-Европейского бассейна (Зенкевич, 1963). Основные промысловые объекты моря — треска, сельдь, пикша, мойва, сайка (Экология ..., 2001; Карамушко, 2008). Зоопланктон — важный компонент пелагических экосистем, который связывает первичных продуцентов с последующими трофическими уровнями (Raymont, 1983). Планктонные организмы выступают в качестве основного кормового ресурса для ихтиопланктона и рыб-планктофагов (Карамушко, Карамушко, 1995).

Зоопланктон Баренцева моря изучен достаточно хорошо: описан видовой состав, количественное распределение, биологические особенности массовых видов (Дегтерева, 1973, 1979; Фомин, 1995; Тимофеев, 2000). Вместе с тем следует отметить, что зоопланктон отдельных районов (особенно северного сектора моря) исследован слабо. Кроме того, основная часть данных получена для весенне-летнего периода. Изучение современного состояния зоопланктонных сообществ необходимо не только для оценки кормовой базы рыб, но и для мониторинга климатических воздействий на пелагическую систему Баренцева моря.

Целью данной работы было выявление особенностей пространственной локализации биомассы зоопланктона в Баренцевом море в 2007 г. и сравнение полученных данных с другими временными периодами.

## Материалы и методы

Отбор зоопланктона был проведен в 2007 г. в ходе 4 рейсов НИС “Дальние Зеленцы” в Баренцевом море (рис. 1). По доминирующему типу водных масс было выделено три района: I — южный (основной тип вод — Мурманская прибрежная водная масса), II — центральный широтный (баренцевоморская водная масса), III — северный (арктическая водная масса). Работами были охвачены 4 гидрологических сезона — начало марта (конец зимы), конец мая — начало июня (весна), середина августа — начало сентября (лето) и начало октября (осень) (табл. 1). В статье проведен анализ 64 проб, отобранных на 45 станциях.

Таблица 1

Характеристика станций отбора проб, средняя температура и соленость воды в Баренцевом море в 2007 г.

Table 1

Sampling stations description, mean water temperature and salinity in the Barents Sea in 2007

Период	Номера станций	Глубина, м	Число проб	Температура, °С	Соленость, psu
Зима (2-4.03)	1-8	35-250	16	2,28 ± 0,23	34,47 ± 0,02
Весна (29.05-1.06)	9-14	16-267	12	3,54 ± 0,12	33,97 ± 0,19
Лето (19.08-3.09)	15-34	39-570	24	2,72 ± 0,71	34,19 ± 0,09
Осень (30.09-6.10)	35-45	89-258	12	7,98 ± 0,07	34,23 ± 0,05

На каждой станции при помощи СТД-зонда SEACAT SBE 19plus регистрировали вертикальные профили температуры и солености воды. Пробы зоопланктона отбирали путем тотальных вертикальных ловов в слое 100–0 м или от дна до поверхности, используя сеть Джели (диаметр входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup>, размер ячеей фильтрующего полотна 168 мкм). Пробы фиксировали 40 %-ным раствором нейтрального формалина (конечная концентрация в пробе — 4 %).

Обработку проб проводили в лаборатории с использованием камеры Богорова и бинокулярного стереомикроскопа МБС-10 по стандартной методике (Руководство ..., 1977).

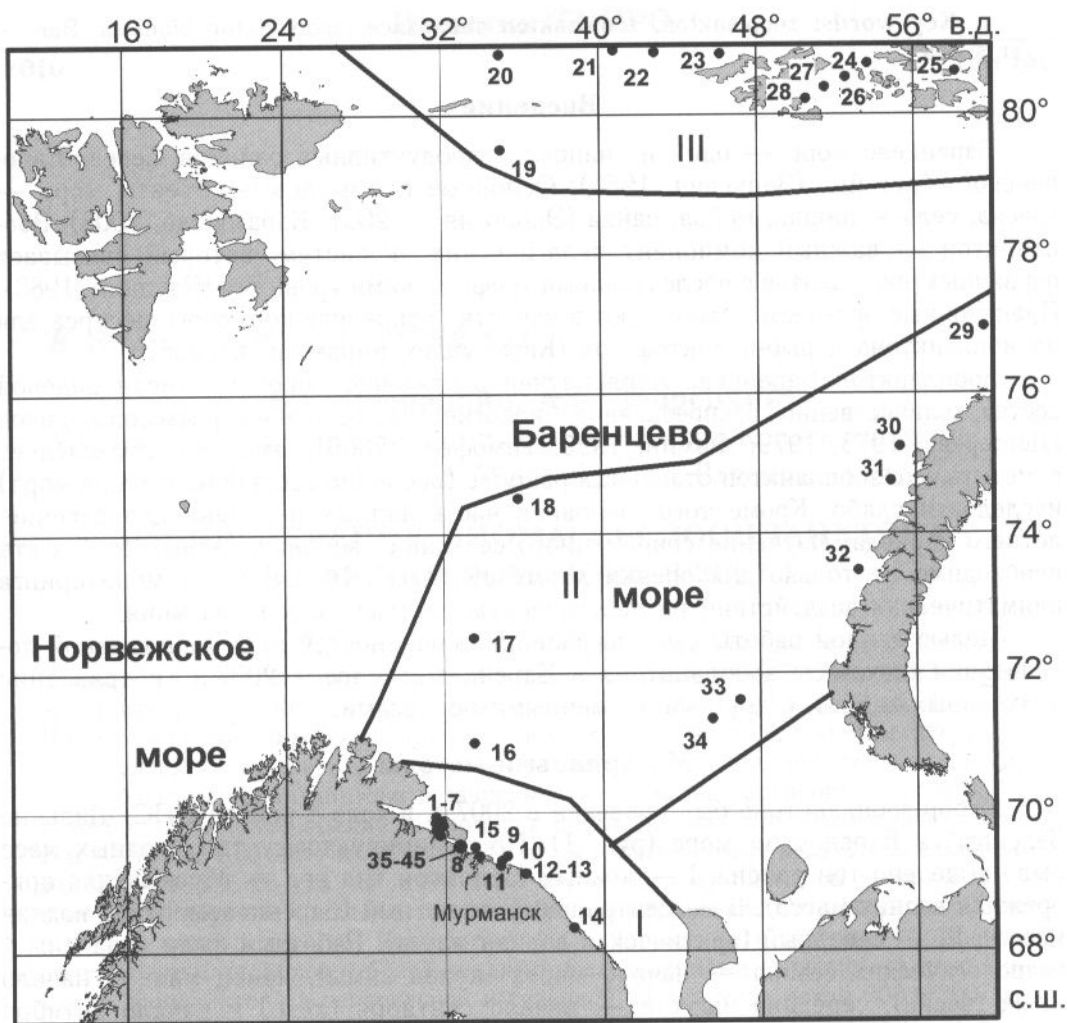


Рис. 1. Карта отбора проб в Баренцевом море в 2007 г.: римские цифры — типы водных масс

Fig. 1. Scheme of sampling stations in the Barents Sea in 2007. Water masses are indicated by Roman numerals

Биомассу зоопланктона рассчитывали по стандартным таблицам (Канаева, 1962; Richter, 1994) или номограммам (Численко, 1968). Полученные величины были выражены в миллиграммах сырой массы на  $1 \text{ м}^3$ .

При расчетах величин количественных показателей зоопланктона использовали поправочные коэффициенты на недолов сети (Волков, 1996).

Обработку данных проводили средствами описательной статистики. Все средние значения в работе представлены со стандартной ошибкой ( $\pm \text{SE}$ ).

## Результаты и их обсуждение

### *Гидрологические условия*

В зимний период температура воды в слое облова варьировала от 1,16 до 2,97 °C. Соленость оставалась практически постоянной на всей исследованной акватории (34,33–34,57 psu). Весной был отмечен прогрев воды, температура колебалась в диапазоне 3,00–5,88 °C. За счет интенсивного таяния снега происходило понижение солености. Минимальные показатели (29,40 psu) были найдены в поверхностном слое на ст. 10, максимальные — на ст. 9 в придонном горизонте (34,59 psu). Летом амплитуда колебаний температуры для этого пери-

ода была высокой: от минус 1,57 °С в слое 100–95 м на севере моря до 10,70 °С в приповерхностном слое в южном районе. Соленость изменялась от 31,32 до 35,12 psu, возрастая с юга на север. Осенью температура воды достигала наибольших величин в прибрежной зоне (губа Ура) на ст. 45 (8,77 °С), там же регистрировали наименьшую соленость — 29,25 psu. На прилегающей акватории открытого моря температура была ниже, достигая минимума на ст. 35 (5,17 °С), а соленость — выше (максимум 34,69 psu — на той же станции).

Сравнение со среднемноголетними данными (Матишов и др., 2004) показало, что температура воды в 2007 г. (табл. 1) была выше, чем обычно, что позволяет отнести данный период к категории теплых лет. Наблюдаемая картина вполне закономерна, так как с начала 21-го века в арктических морях отмечаются процессы потепления, связанные с интенсивным притоком теплых атлантических вод (Matishov et al., 2009).

### Состав и структура сообщества зоопланктона

В зимний период в южной части моря (район I, рис. 1) в пробах было идентифицировано 26 таксонов зоопланктона (табл. 2). Суммарное обилие варьировало от 20 до 220 экз./м<sup>3</sup>, в среднем составляя  $104 \pm 20$  экз./м<sup>3</sup>. По численности доминировали копеподы, среди которых наиболее массовыми были *Oithona similis* (27,4 %), *Calanus finmarchicus* (25,0 %) и *Microcalanus* spp. (13,8 %). Возрастная структура *C. finmarchicus* характеризовалась преобладанием V–VI копеподитных стадий (рис. 2). Остальные группы составляли не более 12 % общей численности зоопланктона. Биомасса изменялась от 7 до 500 мг/м<sup>3</sup>. Максимальная величина была зарегистрирована на ст. 12, она была сформирована эвфаузидами *Thyssanoessa* (76,7 %), минимальная — на ст. 9, где доминировал калянус (99,7 %). В прибрежье отмечалась высокая доля меропланктона (личинки раков-отшельников *Pagurus* spp.) — 48,2–54,3 %. В целом наблюдаемое состояние сообщества хорошо согласуется с опубликованными данными (Фомин, 1978; Тимофеев, 2000). Среднее значение биомассы зоопланктона для всего района составило  $96 \pm 57$  мг/м<sup>3</sup>. Эта величина превышала таковую, рассчитанную без учета дифференцированных поправок на недолова сети, в 2,9 раза.

В весенний период на юге моря (район I, см. рис. 1) видовое богатство зоопланктона было существенно выше: обнаружено 36 таксонов (табл. 3). Это можно признать ожидаемым результатом, поскольку в течение весеннего периода структура прибрежного планктона существенно усложняется (Тимофеев, 2000), а количественные показатели увеличиваются. Численность колебалась в диапазоне 3800–17400 экз./м<sup>3</sup>. Биомасса варьировала от 191 до 955 мг/м<sup>3</sup>. Средние показатели составили соответственно  $10941 \pm 2341$  экз./м<sup>3</sup> и  $450 \pm 125$  мг/м<sup>3</sup>. По численности преобладали копеподы и эвфаузииды, которые были представлены преимущественно младшими возрастными стадиями. На долю обеих групп приходилось в среднем 87 % суммарного обилия зоопланктона. Популяционная структура массового вида *C. finmarchicus* показана на рис. 2. По биомассе доминировали копеподы (73,5 %), меропланктон (14,9 %) и эвфаузииды (7,0 %). Значение биомассы, полученное без учета недолова сети, было в 3,5 раза меньше по сравнению с величиной, учитывающей поправочные коэффициенты.

В летний период в пробах отмечен 71 таксон. Как правило, в Баренцевом море зоопланктон отдельно взятого района в целом беден (до 20–30 видов) (Фомин, 1985). В нашем случае высокое таксономическое богатство связано с тем, что была обследована обширная акватория (практически все районы моря). Суммарное обилие зоопланктона варьировало от 314 до 13614 (среднее  $5436 \pm 810$ ) экз./м<sup>3</sup>, биомасса изменялась от 46 до 2210 мг/м<sup>3</sup>, в среднем составляя  $834 \pm 141$  мг/м<sup>3</sup> (или, для сравнения,  $331 \pm 63$  мг/м<sup>3</sup> без учета недолова сети).

Состав, численность (экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона в южной части Баренцева моря зимой 2007 г.

Zooplankton composition, abundance (ind/m<sup>3</sup>), and wet biomass (mg/m<sup>3</sup>) in the southern Barents Sea, winter 2007

Таксон	Численность		Биомасса	
	Min—max	X ± SE	Min—max	X ± SE
<b>Copepoda</b>	21–157	91 ± 15	3–64	24,9 ± 7,6
<i>Acartia</i> spp.	0–11	1 ± 3	0–0,25	< 0,1
<i>Calanus finmarchicus</i>	4–48	26 ± 5	3–47	22,0 ± 6,0
<i>Metridia longa</i>	0–31	4 ± 6	0–14	2,1 ± 2,9
<i>Microcalanus</i> spp.	0–38	14 ± 5	0–0,38	0,2 ± 0,1
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0–30	5 ± 5	0–2	0,3 ± 0,3
<i>Oithona atlantica</i>	0–7	1 ± 1	0–0,07	< 0,1
<i>Oithona similis</i>	0–59	29 ± 8	0–0,25	0,1 ± 0
<i>Harpacticus uniremis</i>	0–2	0,5 ± 0,6	0–1	0,1 ± 0,2
<i>Microsetella norvegica</i>	0–6	2 ± 1	0–0,01	< 0,1
<i>Tisbe furcata</i>	0–6	1 ± 2	0–0,18	< 0,1
<i>Triconia borealis</i>	0–0,3	< 0,1	0–0	< 0,1
Copepoda nauplii	0–18	7 ± 3	0–0,09	< 0,1
<b>Euphausiacea</b>	0–41	6 ± 7	0–374	47,1 ± 66,1
<i>Thyssanoessa</i> (ova)	0–1	0,3 ± 0,3	0–0,05	< 0,1
<i>Thyssanoessa</i> (furcillii)	0–3	0,5 ± 0,6	0–9	1,5 ± 1,8
<i>Thyssanoessa inermis</i>	0–7	1 ± 2	0–130	16,3 ± 46,0
<i>Thyssanoessa raschii</i>	0–32	4 ± 11	0–235	29,4 ± 83,1
<b>Меропланктон (6 таксонов)</b>	0–15	6 ± 2	0–56	19,6 ± 8,0
<b>Ртеропода (2 таксона)</b>	0–3	1 ± 1	0–25	1 ± 0
<b>Chaetognatha (<i>Sagitta elegans</i>)</b>	0–1	0,2 ± 0,5	0–0,02	3,1 ± 8,9
<b>Others (3 таксона)</b>	0–5	2 ± 1	0–2	4,1 ± 3,2

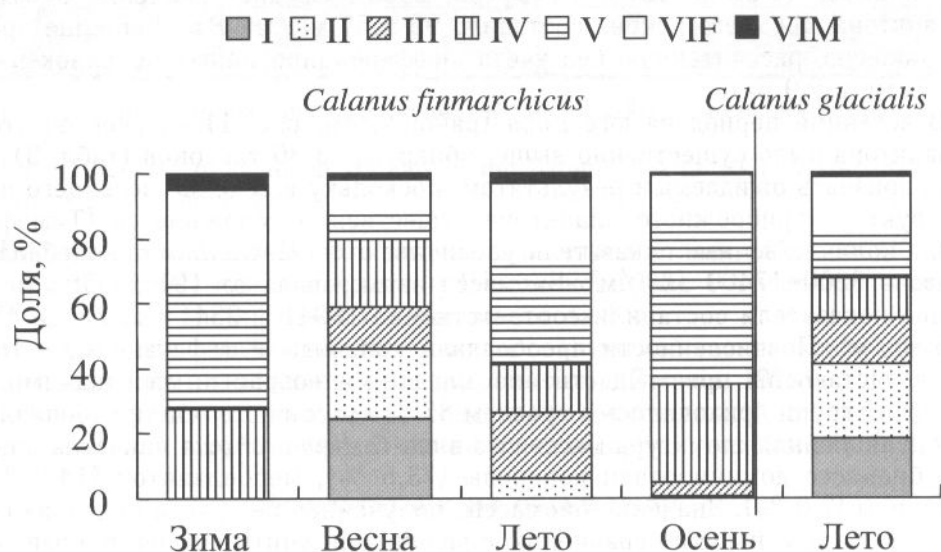


Рис. 2. Возрастная структура *Calanus finmarchicus* и *Calanus glacialis* в Баренцевом море в 2007 г.: I–V — копеподиты; VIF, VIM — соответственно самки и самцы

Fig. 2. Age structure of *Calanus finmarchicus* and *Calanus glacialis* in the Barents Sea in 2007: I–V — copepodites; VIF, VIM — females and males, respectively

На станциях центральной широтной зоны (II, рис. 1) наблюдалось типичное летнее сообщество зоопланктона. Характерной особенностью было присутствие комплекса неритических и тепловодных видов, а также выраженное доминирование

Таблица 3

Состав, численность (экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона  
в южной части Баренцева моря весной 2007 г.

Table 3

Zooplankton composition, abundance (ind/m<sup>3</sup>), and wet biomass (mg/m<sup>3</sup>)  
in the southern Barents Sea, spring 2007

Таксон	Численность		Биомасса	
	Min—max	X ± SE	Min—max	X ± SE
<b>Copepoda</b>	2385–13945	8079 ± 1964	93,7–864,1	368,5 ± 127,3
<i>Calanus finmarchicus</i>	176–1732	851 ± 274	57,7–758,2	305,7 ± 116,6
<i>Calanus glacialis</i>	4–20	7 ± 3	5,8–42,5	14,5 ± 5,8
<i>Metridia longa</i>	0–27	9 ± 6	0–9,9	2,8 ± 1,9
<i>Microcalanus pussilus</i>	0–95	53 ± 19	0–2,8	1,6 ± 0,6
<i>Pseudocalanus acuspes</i>	15–135	61 ± 19	0,4–4,6	1,9 ± 0,7
<i>Pseudocalanus minutus</i>	38–113	76 ± 11	2,4–5,7	3,8 ± 0,6
<i>Oithona atlantica</i>	3–51	31 ± 9	0–0,9	0,4 ± 0,2
<i>Oithona similis</i>	172–1016	605 ± 129	0,7–4,3	2,5 ± 0,6
Прочие 11 видов	6–346	92 ± 67	0,1–33,8	8,5 ± 9,3
Copepoda ova	0–2125	1016 ± 396	0–1,1	0,5 ± 0,2
Copepoda nauplii	1364–8750	5278 ± 1241	6,8–43,8	26,4 ± 6,2
<b>Euphausiacea</b>	703–3023	1519 ± 331	18,7–44,9	31,6 ± 4,6
<i>Thyssanoessa</i> (ova)	248–2232	1217 ± 276	1,0–8,9	4,9 ± 1,1
<i>Thyssanoessa</i> spp. (nauplii)	13–614	163 ± 96	0,3–12,9	3,4 ± 2,0
<i>Thyssanoessa</i> spp. (calyptopis)	62–217	124 ± 27	4,5–15,0	8,8 ± 1,8
<i>Thyssanoessa</i> (furcilia)	6–28	16 ± 3	3,3–30,1	14,5 ± 4,3
<b>Meroplankton</b>	60–430	226 ± 68	4,5–95,1	43,4 ± 12,2
<i>Pagurus</i> spp. zoea	0–10	4 ± 2	0–6,7	2,7 ± 1,3
<i>Paralithodes camtschaticus</i> zoea	0–42	17 ± 6	0–69,9	29,0 ± 11,1
Hydromedusae (5 видов)	0–56	13,7 ± 13,8	0–8,8	1,9 ± 1,8
Cirripedia nauplii	0–33	9 ± 8	0–0,5	0,1 ± 0,1
Echinopluteus larvae	0–39	18 ± 7	0–1,8	0,8 ± 0,3
Ophiopluteus larvae	0–162	66 ± 33	0–7,3	3,0 ± 1,5
Pisces larvae	0–15	7 ± 4	0–0,6	0,3 ± 0,2
Polychaeta larvae	0–279	91 ± 47	0–16,7	5,5 ± 2,8
<b>Pteropoda</b> ( <i>Limacina helicina</i> )	0–31	10 ± 5	0–2,8	0,9 ± 0,5
<b>Другие</b> (3 вида)	3–2320	1117 ± 340	0,2–12,2	6,4 ± 1,7

ние по численности *O. similis* (в среднем 43,0 %) (табл. 4). По биомассе преобладал *C. finmarchicus* (26,8 %), представленный в основном IV–VI копеподитными стадиями (рис. 2). Среди других групп высокий вклад в биомассу был зарегистрирован для птеропод (17,3 %) и гребневиков (15,1 %) (табл. 4).

В северной части моря (район III, см. рис. 1) количественное соотношение массовых видов зоопланктона свидетельствовало о весеннем состоянии сообщества. Наиболее многочисленной группой были яйца и науплии веслоногих рачков, которые суммарно составляли 50,9 % общего обилия, и *O. similis* (25,6 %) (табл. 4). По биомассе преобладали копеподы, в особенности крупные холодноводные виды *Calanus hyperboreus* (39,7 %) и *C. glacialis* (32,6 %), причем в составе популяции *C. glacialis* лидирующее положение занимали младшие копеподиты (рис. 2). Второй по значимости группой были щетинкочелюстные (11,3 %) (табл. 4).

Отмеченные нами пространственные вариации структуры зоопланктона в летний сезон связаны с большой широтной протяженностью Баренцева моря. Это обуславливает сильные различия продолжительности светового дня на его акватории, что, в свою очередь, определяет сокращение продолжительности биологических сезонов и смещение их сроков в северном направлении (Богоров, 1974).

Таблица 4

Состав, численность (экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона в центральной (Ц) и северной (С) частях Баренцева моря летом 2007 г.

Table 4

Zooplankton composition, abundance (ind/m<sup>3</sup>), and wet biomass (mg/m<sup>3</sup>) in the central (Ц) and northern (С) Barents Sea, summer 2007

Таксон	Ц		С	
	Численность		Биомасса	
	X ± SE	X ± SE	X ± SE	X ± SE
<b>Copepoda</b>	3055 ± 1375	5579 ± 202	129,3 ± 197,8	1075,9 ± 18,7
<i>Acartia</i> spp.	62 ± 49	0	1,0 ± 1,4	0
<i>Calanus finmarchicus</i>	126 ± 27	14 ± 1	79,7 ± 20,2	10,8 ± 0,6
<i>Calanus glacialis</i>	1 ± 119	515 ± 18	2,1 ± 101,7	431,1 ± 15,4
<i>Calanus hyperboreus</i>	< 0,1	57 ± 2	0 ± 130,6	524,4 ± 14,3
<i>Metridia longa</i>	34 ± 58	212 ± 9	12,2 ± 19,4	69,5 ± 3,1
<i>Microcalanus</i> spp.	40 ± 39	71 ± 5	1,3 ± 6,0	4,8 ± 0,4
<i>Pseudocalanus acuspes</i>	13 ± 14	23 ± 1	0,3 ± 4,1	0,9 ± 0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	349 ± 77	160 ± 5	17,8 ± 8,1	7,7 ± 0,3
<i>Oithona atlantica</i>	64 ± 30	10 ± 1	0,6 ± 4,1	0,1 ± 0
<i>Oithona similis</i>	2112 ± 697	1504 ± 92	8,8 ± 7,7	5,4 ± 0,3
Прочие (13 видов)	170 ± 136	26 ± 1	5,2 ± 5,8	9,3 ± 1,3
Copepoda ova	45 ± 195	697 ± 28	< 0,1	0,3 ± 0
Copepoda nauplii	41 ± 696	2291 ± 93	0,2 ± 6,4	11,5 ± 0,5
<b>Euphausiacea</b>	1 ± 4	0,4 ± 0,1	2,4 ± 4,3	1,8 ± 0,2
<i>Thysanoessa (furcillii)</i>	1 ± 4	0,4 ± 0,1	1,2 ± 3,9	1,8 ± 0,2
<i>Thysanoessa raschii</i>	1 ± 1	0	1,2 ± 1,4	0
<b>Amphipoda</b> (3 вида)	0,1 ± 3,0	1 ± 0	< 0,1	4,0 ± 0,3
<b>Meroplankton + medusae</b> (27 таксонов)	596 ± 308	117 ± 7	15,5 ± 15,6	38,0 ± 2,9
<b>Ctenophora</b> (3 вида)	26 ± 17	0,2 ± 0	45,1 ± 24,1	13,0 ± 2,0
<b>Pteropoda</b>	432 ± 225	75 ± 5	51,5 ± 24,5	12,0 ± 0,8
<i>Clione limacina</i>	< 0,1	7 ± 1	< 0,1	0,2 ± 0
<i>Limacina helicina</i>	431 ± 226	68 ± 5	50,6 ± 24,5	11,8 ± 0,8
<i>Limacina retroversa</i>	1 ± 1	0	0,9 ± 0,8	0
<b>Chaetognatha</b>	6 ± 15	27 ± 2	15,4 ± 57,4	149,3 ± 8,1
<i>Sagitta elegans</i>	6 ± 11	21 ± 1	15,4 ± 37,0	123,3 ± 5,7
<i>Eukrohnia hamata</i>	< 0,1	7 ± 1	< 0,1	26,0 ± 3,1
<b>Others</b> (8 таксонов)	842 ± 485	69 ± 3	38,5 ± 15,8	27,9 ± 1,4
<b>Total</b>	4960 ± 1500	5869 ± 188	298 ± 248	1320 ± 27

Осенью в южной части моря (район I, см. рис. 1) видовое богатство зоопланктона было высоким, анализ проб показал наличие 53 таксонов. Численность и биомасса колебались в пределах 1329–5294 экз./м<sup>3</sup> и 38–263 мг/м<sup>3</sup>, в среднем составляя соответственно 2528 ± 324 экз./м<sup>3</sup> и 131 ± 21 мг/м<sup>3</sup>. Доминировали копеподы, на их долю приходилось 95,3 % общего обилия и 86,3 % биомассы (табл. 5). По численности преобладали *O. similis* (29,0 %) и *P. minutus* (19,3 %). Как и в предыдущих случаях, на долю *C. finmarchicus* (копеподиты IV–V) (рис. 2) приходилась основная часть суммарной биомассы зоопланктона (53,9 %). Субдоминантом по этому показателю выступал *P. minutus* (15,9 %) (табл. 5). Величина биомассы, рассчитанная с учетом коэффициентов уловистости сети, была в 2,0 раза больше величины, полученной без поправок на недолов.

Таким образом, состав зоопланктона в 2007 г. был достаточно богатым. Основная причина высокого таксономического обилия, на наш взгляд, состоит в том, что работы были проведены в основном в прибрежной зоне, где за счет разнородности гидрологических условий создаются благоприятные условия для формирования богатой фауны. Другой фактор, который мог повлиять на видовое обилие, — скорее всего климатические условия. Ранее в теплые годы в Баренце-

Состав, численность (экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона  
в южной части Баренцева моря осенью 2007 г.

Zooplankton composition, abundance (ind/m<sup>3</sup>), and wet biomass (mg/m<sup>3</sup>)  
in the southern Barents Sea, autumn 2007

Таксон	Численность		Биомасса	
	Min—max	X ± SE	Min—max	X ± SE
<b>Copepoda</b>	1236–5073	2409 ± 323	28,7–233,6	112,7 ± 20,7
<i>Acartia longiremis</i>	8–564	180 ± 46	0,1–8,6	2,7 ± 0,7
<i>Calanus finmarchicus</i>	12–313	97 ± 28	8,7–182,8	70,4 ± 17,7
<i>Metridia longa</i>	0–85	31 ± 9	0–21,2	6,6 ± 2,2
<i>Microcalanus</i> spp.	63–513	255 ± 38	1,1–10,5	3,8 ± 0,8
<i>Pseudocalanus minutus</i>	155–1464	487 ± 113	9,2–58,9	20,8 ± 4,7
<i>Temora longicornis</i>	16–381	133 ± 33	0,1–6,7	2,4 ± 0,6
<i>Oithona atlantica</i>	6–451	100 ± 39	0,1–4,5	1,0 ± 0,4
<i>Oithona similis</i>	251–2094	733 ± 171	1,1–9,4	3,2 ± 0,8
Прочие (7 видов)	0–68	15 ± 9	0–7,4	1,4 ± 0,7
Copepoda ova	0–764	317 ± 71	0–0,4	0,2 ± 0
Copepoda nauplii	11–180	63 ± 15	0,1–0,9	0,3 ± 0,1
<b>Euphausiacea</b> (2 вида)	0–1	0,1 ± 0,2	0–35,3	3,6 ± 5,9
<b>Meroplankton</b> (12 таксонов)	2–224	65 ± 19	0–4	1,0 ± 0,4
<b>Ctenophora</b> (4 вида)	0–18	4 ± 2	0–21,2	6,0 ± 2,6
<b>Pteropoda</b> ( <i>Limacina helicina</i> )	0–19	7 ± 2	0–0,5	0,2 ± 0,1
<b>Chaetognatha</b> ( <i>Sagitta elegans</i> )	0–1	0,2 ± 0,2	0–2,6	0,4 ± 0,4
<b>Прочие</b> (7 таксонов)	1–119	42 ± 10	0,1–21,5	6,7 ± 1,9

вом море в пробах отмечалось присутствие нетипичных для арктических вод тепловодных видов (Фомин, 1978). Мы также обнаружили несколько представителей, характерных для вод Северной Атлантики, — *Metridia lucens*, *Paracalanus parvus*, *Centropages typicus*. Значительная вариация численности и биомассы зоопланктона между отдельными станциями в прибрежной зоне объясняется локальной изменчивостью циркуляции водных масс (Тимофеев, 2000).

Другим следствием усиления затока теплых атлантических вод в арктические моря является изменение жизненных циклов планктонных организмов. В частности, в Баренцевом море в холодные годы замедляется темп развития массовых видов (главным образом калянуса и эвфаузиид) и смещаются на более позднее время сроки размножения; их биомасса и продукция сильно уменьшаются (Дегтерева, 1973, 1979; Тимофеев, 2000). Полученные нами данные по возрастной структуре *C. finmarchicus* в южной части Баренцева моря (рис. 2) свидетельствуют о том, что на протяжении 2007 г. формировалось две генерации данного вида. Это можно признать ожидаемым результатом, поскольку у этого вида в теплые годы отмечаются два пика размножения (Фомин, 1995; Тимофеев, 2000).

Сравнение с более ранними периодами (табл. 6) показало, что в летний период биомасса зоопланктона сильно варьирует по акватории Баренцева моря, при этом в центральных и северных районах количественные показатели зоопланктона в августе выше, чем в южных областях, что обусловлено особенностями сукцессии планктонных сообществ на этих участках (Дружков, Фомин, 1991). Привлекают внимание достаточно высокие показатели 2006 г., связанные с тем, что это был аномально теплый год (Matishov et al., 2009). Средняя величина биомассы за период 2001–2007 гг. составила 745 ± 173 мг/м<sup>3</sup>. В более холодные годы биомасса зоопланктона в Баренцевом море существенно ниже, составляя 2–5 г сухой массы на 1 м<sup>2</sup> (без учета уловистости сетей), что эквивалентно 50–200 мг сырой массы на 1 м<sup>3</sup> (Dalpadado et al., 2003).



Биомасса зоопланктона (мг/м<sup>3</sup>) в Баренцевом море  
(орудие лова — сеть Джеди, 168 мкм)

Table 6

Zooplankton biomass (mgWW/m<sup>3</sup>) in the Barents Sea (Juday net, 168 μm)

Район	Сезон (период)	Слой, м	Биомасса	Источник данных
Ю	Зима (март 2007)	100–0	7–500	Наши данные
Ю	Весна (май-июнь 2007)	100–0	191–955	"
ЮВ	Лето (июль 2001)	100–0	13–3414 (682±254)*	Dvoretzky, Dvoretzky, 2009a
ЮВ	Лето (июль 2001)	Дно–0	85–8389 (1049±335)*	То же
Ю	Лето (август 2003)	100–0	130*	Дружинина, Марасаева, 2004
Ц	Лето (август 2003)	100–0	121*	То же
СЗ	Лето (август 2003)	100–0	1505*	"
СВ	Лето (август 2003)	100–0	1236*	"
Ю	Лето (июль 2004)	100–0	94–631 (386±87)*	Дворецкий, 2007
Ц	Лето (июль 2004)	100–0	30–384 (118±63)*	"
Ю	Лето (июль 2005)	100–0	52–229 (117±35)*	Дворецкий, 2006
Ц	Лето (август 2006)	100–0	196–916 (509±127)*	"
Ю	Лето (август 2006)	100–0	83–3577 (656±456)*	Dvoretzky, Dvoretzky, 2009b
Ц	Лето (август 2006)	100–0	115–1846 (659±120)*	То же
С	Лето (август 2006)	100–0	490–7685 (2729±604)*	"
Ц	Лето (август 2007)	100–0	46–442	Наши данные
С	Лето (август-сентябрь 2007)	100–0	404–2210	"
Ю	Лето (август 2007)	100–0	548	"
Ю	Осень 2007	100–0	38–263	"

*Примечание.* Районы: Ю — южный, ЮВ — юго-восточный, С — северный, СВ — северо-восточный, СЗ — северо-западный, Ц — центральный. \* — пересчитано с учетом коэффициентов недолова сети Джеди (Волков, 1996).

### Заключение

Наши исследования показали, что в 2007 г. сообщество зоопланктона Баренцева моря характеризовалось высоким видовым богатством и количественными показателями, что можно связать с процессами потепления в арктических районах. Сравнение с более ранними исследованиями выявило сходство биомассы зоопланктона в центральной и северной частях моря в 2003–2007 гг. По всей видимости, в эти периоды кормовая база пелагических рыб была высокой.

*Авторы благодарят канд. геогр. наук Д.В. Моисеева за данные по температуре и солености воды, коллег из ММБИ — за помощь в отборе проб, а также д-ра биол. наук А.Ф. Волкова (ТИНРО-центр) — за ценные замечания, которые улучшили качество статьи.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-4513.2009.4.*

## Список литературы

- Богоров В.Г.** Планктон Мирового океана : монография. — М. : Наука, 1974. — 320 с.
- Волков А.Ф.** О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 306–311.
- Дворецкий В.Г.** Исследование зоопланктона в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения Баренцева моря летом 2005 года // Мат-лы Междунар. конф “Нефть и газ арктического шельфа-2006”. — Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. — С. 95–99.
- Дворецкий В.Г.** Характеристика зоопланктона прибрежной зоны Восточного Мурмана Баренцева моря // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. — Апатиты : КНЦ РАН, 2007. — Вып. 2. — С. 441–452.
- Дегтерева А.А.** Зависимость численности и биомассы планктона от температуры в юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. — 1973. — Вып. 33. — С. 13–23.
- Дегтерева А.А.** Закономерности количественного развития зоопланктона в Баренцевом море // Тр. ПИНРО. — 1979. — Вып. 43. — С. 22–53.
- Дружинина О.В., Марасаева Е.Ф.** Зоопланктон Баренцева моря (весна — лето 2003 г.) // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. — Апатиты : КНЦ РАН, 2004. — С. 204–215.
- Дружков Н.В., Фомин О.К.** Сезонная сукцессия зоопланктона в прибрежной зоне Восточного Мурмана // Продукционно-деструкционные процессы пелагиали прибрежья Баренцева моря. — Апатиты : КНЦ АН СССР, 1991. — С. 62–72.
- Зенкевич Л.А.** Биология морей СССР : монография. — М., 1963. — 739 с.
- Канаева И.П.** Средний вес Соперода Центральной и Северной Атлантики, Норвежского и Гренландского морей // Тр. ВНИРО. — 1962. — Т. 46. — С. 253–266.
- Карамушко Л.И., Карамушко О.В.** Питание и биоэнергетика основных промысловых рыб Баренцева моря на разных этапах онтогенеза : монография. — Апатиты : КНЦ РАН, 1995. — 220 с.
- Карамушко О.В.** Видовой состав и структура ихтиофауны Баренцева моря // Вopr. ихтиол. — 2008. — Т. 48, № 3. — С. 293–308.
- Матишов Г.Г., Зуев А.Н., Голубев В.А. и др.** Климатический атлас морей Арктики 2004. Ч.: База данных Баренцева, Карского, Лаптевых и Белого морей — океанография и морская биология. — Вашингтон, 2004. — 148 с.
- Руководство по гидробиологическим работам в океанах и морях.** — Л. : Гидрометеоиздат, 1977. — 724 с.
- Тимофеев С.Ф.** Экология морского зоопланктона : монография. — Мурманск : МГПИ, 2000. — 216 с.
- Фомин О.К.** Качественный состав зоопланктона // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. — Апатиты : КФ АН СССР, 1985. — С. 128–134.
- Фомин О.К.** Некоторые динамические характеристики зоопланктона в прибрежье Мурмана // Закономерности биопродукционных процессов в Баренцевом море. — Апатиты : КФ АН СССР, 1978. — С. 72–91.
- Фомин О.К.** Роль баренцевоморского калянуса в трофической сети пелагиали моря : монография. — Апатиты : КНЦ РАН, 1995. — 119 с.
- Численко Л.Л.** Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела : монография. — Л. : Наука, 1968. — 106 с.
- Экология промысловых видов рыб Баренцева моря** / под ред. Г.Г. Матишова. — Апатиты : КНЦ РАН, 2001. — 461 с.
- Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A.** Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea // Polar Biol. — 2003. — Vol. 26. — P. 233–241.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.** Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. — 2009a. — Vol. 84. — P. 11–20.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.** Spatial variations in reproductive characteristics of the small copepod *Oithona similis* in the Barents Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2009b. — Vol. 386. — P. 133–146.
- Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V.** Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // Oceanologia. — 2009. — Vol. 51. — P. 321–340.
- Raymont J.E.G.** Plankton and productivity in the oceans. — Southampton : Pergamon Press, 1983. — Vol. 2. — 824 p.
- Richter C.** Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea // Ber. Polarforsch. — 1994. — Vol. 154. — P. 1–90.